# অজৈব রসায়ন

[ বি. এস্-সি পাশ কোর্সের জন্য ]

প্রতুলচন্দ্র রক্ষিত, পি.এচ.ডি
কলিকাতা প্রেসিডেন্সী কলেজের প্রাক্তন প্রধান অধ্যাপক
এবং
অরবিন্দ দাশ, এম.এস্-সি
নরেন্দ্রপুর রামকৃষ্ণমিশন কলেজের অধ্যাপক

সায়েন্স বুক এজেন্সী
পি-১৩৩বি লেক টেরেস • কলিকাতা ২৯

প্রকাশক
অধ্যাপক এস্ সি রক্ষিত
১০।৩ সেন্ট্রাল পার্ক, কলিকাতা ৩২

প্রথম প্রকাশ : ১৩৬৬

মুদ্রক
সৌরীন্দ্র দাশগুপ্ত
সান লিথোগ্রাফিং কোম্পানী
পি ২০, সি. আই. টি. রোড
কলিকাতা ১০

# ভূমিকা

মাতৃভাষায় বিজ্ঞানের পঠন-পাঠন সম্পর্কে বহু আলোচনা হইয়াছে, কিন্তু কার্যতঃ বেশী অগ্রসর হয় নাই। ইহার একটি প্রধান কারণ বাংলাভাষায় পাঠ্যপুস্তকের অপ্রতুলতা। শিক্ষার মান বজায় রাখিতে হইলে মাতৃভাষায় যথেষ্ট পাঠ্য-বই থাকা প্রয়োজন। বিষয়-বস্তুকে সহজবোধ্য ও সরল এবং প্রকাশভঙ্গী প্রাঞ্জল ও সাবলীল না করিলে উহা আকর্ষণীয় হইবে না। সেইজন্য অনেক গ্রন্থ রচনা প্রয়োজন। রসায়নের ক্ষেত্রে ইদানীংকালে সামান্য কয়েকটি বাংলা বই প্রকাশিত হইয়াছে বটে, কিন্তু উহা পর্যাপ্ত নয়। এই গ্রন্থটি উহার সঙ্গে একটি নতুন সংযোজনা।

এই পুস্তকটিতে পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশের বিশ্ববিদ্যালয়গুলির বি, এস্ সি, পাশ কোর্সের অজৈব রসায়নের পাঠ্যসূচীর বিষয় সম্পূর্ণই দেওয়া হইয়াছে। যাহাতে তত্ত্ব এবং তথ্যগুলি যথাসম্ভব সহজে বোধগম্য হয় তাহার প্রচেষ্টা করা হইয়াছে। ইহাতে কতখানি সফল হইয়াছি সেই বিচারের ভার পাঠকের। সতর্কতা সত্ত্বেও কিছু ভুলত্রুটি থাকা অসম্ভব নয়। সেই সকল ভুল সংশোধনে সাহায্য করিলে অনুগৃহীত হইব। ইতি

প্রতুলচন্দ্র রক্ষিত
অরবিন্দ দাশ

# সূচীপত্র

পরিচ্ছেদ ১

# উপক্রমণিকা

**ভূমিকা।** জড়জগৎ নানারকম বস্তুর সমবায়ে গঠিত। এই সকল বিভিন্ন বস্তু বা পদার্থের আকার-প্রকার, গুণাবলী সবই বিভিন্ন। আবার নিজেদের স্বাভাবিক ধর্মে বা নানারকম শক্তির সাহায্যে এই সকল পদার্থের বিভিন্নভাবে নিরন্তর পরিবর্তন হইতেছে। তেল পুড়িয়া বাষ্প ও অঙ্গারাম্ল হইতেছে, খাদ্য হইতে শরীরের অভ্যন্তরে রক্ত-মাংসের সৃষ্টি হইতেছে এবং শক্তির সঞ্চার হইতেছে, বীজ হইতে জল ও বায়ুর সাহায্যে গাছ অঙ্কুরিত হইতেছে—এই রকম বস্তুর নানা পরিবর্তন ঘটিতেছে। পদার্থের গঠন ও গুণ, তাহাদের প্রস্তুতি ও ব্যবহার এবং বিশেষতঃ তাহাদের বিভিন্ন পরিবর্তনের বৈজ্ঞানিক পর্যালোচনাই 'রসায়নবিদ্যা'।

পদার্থের পরিবর্তন দুই রকমের—'ভৌত পরিবর্তন' এবং 'রাসায়নিক পরিবর্তন'। ভৌত পরিবর্তন অবস্থাগত, উহাতে পদার্থের আভ্যন্তরিক গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, অণুগুলি একই থাকে। বাহ্যিক চরিত্রের কিছু ব্যতিক্রম ঘটে মাত্র। যেমন, তাপপ্রয়োগে তরল জলের বাষ্পে পরিণতি। রাসায়নিক পরিবর্তনে সর্বদাই পদার্থের আভ্যন্তরিক গঠনের পরিবর্তন হয়—নতুন অণুর সৃষ্টি হয় এবং নতুন পদার্থের আবির্ভাব ঘটে। যেমন, তড়িৎ-প্রয়োগে জলের অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনে পরিণতি অবশ্যই রাসায়নিক পরিবর্তন। নতুন পদার্থ অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন জল হইতে সম্পূর্ণই বিভিন্ন। কেরোসিন পুড়িয়া বাষ্প এবং কার্বন-ডাইঅক্সাইড হইতেছে, ইহাও সেইরকম রাসায়নিক পরিবর্তন।

পদার্থগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে—'মৌলিক' এবং 'যৌগিক পদার্থ'। যে সকল পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে উহা ব্যতীত অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাদের মৌল বা মৌলিক পদার্থ বলা হয়।* স্বর্ণ, লৌহ, কার্বন, পারদ, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থ। বিশ্লেষণের ফলে যে সকল বস্তু হইতে দুই বা ততোধিক সরল বা মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহারা যৌগ বা যৌগিক পদার্থ। জল, লবণ, চিনি, তেল, কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, সোডা ইত্যাদি যৌগ বা যৌগিক পদার্থ। এ পর্যন্ত কিঞ্চিদধিক একশত মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। ইহাদের নানারকম সংযোগের ফলে প্রকৃতির লক্ষ লক্ষ যৌগের উদ্ভব সম্ভব হইয়াছে। এই মৌলগুলির কয়েকটি ভূ-পৃষ্ঠে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। তাহাদের পরিমাণের আনুপাতিক হার নিম্নরূপ:

| | | |
|---|---|---|
| অক্সিজেন—49.8% | লৌহ—4.12% | পটাসিয়াম—2.3% |
| সিলিকন—26% | সোডিয়াম—2.33% | ম্যাগনেসিয়াম—2.1% |
| অ্যালুমিনিয়াম—7.3% | ক্যালসিয়াম—3.18% | অন্যান্য—2.84% |

**১-১। রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহ।** দুই বা ততোধিক পদার্থ যখন একত্র হইয়া কেবলমাত্র মিশিয়া থাকে, তাহাদের স্ব স্ব ধর্ম এবং চরিত্রের কোন ব্যতিক্রম হয় না,

তখন উহাকে 'সাধারণ মিশ্রণ' বলা হয়। কিন্তু একাধিক পদার্থের সংযোগে যদি সম্পূর্ণ নূতন পদার্থ নূতন ধর্ম লইয়া সৃষ্টি হয় তাহা হইলে উহাকে 'রাসায়নিক সংযোগ বা মিলন' বলা হয়। সাধারণভাবে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন একত্র একটি পাত্রে থাকিলে উহা মিশ্রণ। কিন্তু এই মিশ্রণে যদি একটু তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠান হয়, তবে উহারা মিলিত হইয়া রাসায়নিক সংযোগে জল উৎপাদন করে। পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে, সমস্ত রাসায়নিক সংযোগই কতকগুলি নিয়ম বা বিধি মানিয়া চলে। এই বিধিগুলিই রাসায়নিক সংযোগবিধি বা সূত্র। কোন ক্ষেত্রেই উহাদের কোন ব্যতিক্রম দেখা যায় না। এই সূত্রগুলির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হইল।

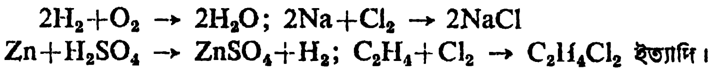
(১) জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ (Law of conservation of mass)। "যে কোন রাসায়নিক (বা অবস্থাগত) পরিবর্তনে বস্তুর রূপান্তর ঘটে মাত্র কিন্তু পরিবর্তনের ফলে মোট ওজনের কিছুমাত্র ব্যতিক্রম ঘটে না। অর্থাৎ বস্তুর বিনাশ নাই, বস্তু অবিনশ্বর। শূন্য ভর হইতে পদার্থের সৃষ্টি সম্ভব নয়, আবার জড়বস্তুকে ধ্বংস করিয়া কেবলমাত্র শূন্যে মিলাইয়া দেওয়াও সম্ভব নয়। শূন্য হইতে জড়ের উৎপত্তি এবং জড়ের শূন্যে পরিণতি অসম্ভব।" ইহাই 'জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ'। প্রকৃতিতে বহুবিধ পরিবর্তন সর্বদা ঘটিতেছে, কিন্তু বস্তুজগতের মোট পরিমাণের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। বস্তুর এই অবিনাশিতা বহু পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হইয়াছে এবং ইহাকে জড়-বিজ্ঞানের একটি মূলসূত্র বলিয়া ধরা হয়। মোম পুড়িবার সময়, দহনের পূর্বের মোম এবং অক্সিজেনের মোট ওজন দহনান্তে বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের মোট ওজনের সমান—ইহাই এই সূত্রের মূলকথা।

বিজ্ঞানীরা আর একটি অনুরূপ সূত্রের কথাও বলিয়াছেন। শক্তিও অবিনশ্বর। শক্তিরও বিনাশ নাই, রূপান্তর ঘটিতে পারে মাত্র। তাপের আলোতে পরিণতি, বিদ্যুতের তাপে পরিণতি। এইরূপ শক্তির রূপান্তর অহরহ ঘটিতেছে। কিন্তু উহাতে শক্তির মোট পরিমাণ হ্রাস পায় না। এই শতাব্দীর প্রারম্ভে আইনস্টাইন তাঁহার বিখ্যাত সূত্র আবিষ্কার করিয়া দেখাইয়াছেন, কোন কোন ক্ষেত্রে বস্তু ও শক্তির মধ্যেও পারস্পরিক রূপান্তর সম্ভব। E যদি শক্তির পরিমাণ হয় এবং পরিবর্তনে যদি m ভরের লয় হয়, তাহা হইলে, $E = mc^2$, যেখানে c = আলোর গতির হার, বস্তুতঃ একগ্রাম ভর $= 9 \times 10^{20}$ আর্গ শক্তি।

সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অবশ্য ভর শক্তিতে পরিণত হয় না। সুতরাং ভরের নিত্যতাবাদ রাসায়নিক বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ প্রযোজ্য। কিন্তু পারমাণবিক বিক্রিয়াতে, কিছু ভর শক্তিতে পরিণত হয়। সেখানে বলা উচিত, ভর এবং শক্তির মোট পরিমাণ সর্বদা একই হইবে।

একথা এখন সকলেই জানেন যে পদার্থ মাত্রেই উহার অসংখ্য অণুর সমষ্টি। যেমন, জলের মধ্যে আছে বহু সংখ্যক জলের অণু (একফোঁটা জলে আছে $10^{20}$ সংখ্যক জলের অণু)। অক্সিজেন গ্যাসে তেমনিই আছে অসংখ্য অক্সিজেন অণু। প্রত্যেক অণুই আবার পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। জলের অণুতে আছে তিনটি পরমাণু—দুইটি হাইড্রোজেনের একটি অক্সিজেনের। অক্সিজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, দুইটিই এক অর্থাৎ অক্সিজেন পরমাণু।

যৌগপদার্থের অণুতে বিভিন্ন রকমের পরমাণু থাকে আর মৌলের অণুতে সব পরমাণুই একই রকম। কোন কোন মৌলের অণু এক-পরমাণুক, অর্থাৎ একটি পরমাণুর দ্বারাই গঠিত, যেমন জিঙ্ক (Zn)। পরমাণুগুলি সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়াতে বা পরিবর্তনে অবিভাজ্য। পরমাণুগুলিকে আমরা চিহ্নদ্বারা প্রকাশ করি, যেমন, H, O, Mg, Na, Cl ইত্যাদি। আর অণুগুলিকে এই সকল চিহ্নের সাহায্যে সঙ্কেতদ্বারা প্রকাশ করা হয়, যেমন, $H_2O$, $C_{12}H_{22}O_{11}$ (চিনি), NaCl (লবণ), $H_2$, $Cl_2$, $SiO_2$ (বালু) ইত্যাদি। রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের যখন পরিবর্তন হয় তখন উহাদের অনুগুলির বদল হয়, অর্থাৎ উহাদের পরমাণুর পৃথকরকম প্রতিবিন্যাস ঘটে। যথা,



$$2H_2+O_2 \rightarrow 2H_2O;\ 2Na+Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$
$$Zn+H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4+H_2;\ C_2H_4+Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$$ ইত্যাদি।

যেহেতু পরমাণুগুলি স্থান পরিবর্তন করিয়া নূতনভাবে সজ্জিত হয় মাত্র, উহাদের কোন বিনাশ হয় না, সুতরাং উহাদের মোট ওজনের কোন ব্যতিক্রম হইতে পারে না। অর্থাৎ পরিবর্তনে বস্তুর ওজন একই থাকে।

(২) স্থিরানুপাত সূত্র (Law of constant proportions)। "যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের দ্বারা গঠিত এবং উহাতে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা একই হইবে।" যেমন, জল সবসময়েই এবং সর্বত্র হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং উহাতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন ওজনের 1.008 : 8 এই অণুপাতে থাকিবেই। ইহার কোন অন্যথা সম্ভব নয়। অন্যান্য যে কোন যৌগ সম্পর্কেই ইহা খাটে। যেমন, কার্বনডাই-অক্সাইডে কার্বন এবং অক্সিজেন সর্বদা 3 : 8 এই ওজনের অনুপাতে থাকে। অর্থাৎ, "যৌগিক পদার্থ মাত্রই নির্দিষ্ট মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের অণুপাতে গঠিত।" ইহাই 'স্থিরানুপাত সূত্র'।

(৩) গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportions)। "একটি মৌলিক পদার্থ যখন অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগের সৃষ্টি করে, তখন অবশ্যই বিভিন্ন যৌগে মৌল দুইটির ওজনের অণুপাত বিভিন্ন। উহাদের একটি মৌলের নির্দিষ্ট পরিমাণের সঙ্গে অপরটির যে বিভিন্ন ওজনের সংযোগ ঘটে, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে সর্বদা একটি সরল অনুপাত থাকে।"

'সরল অনুপাত' বলিতে সাধারণতঃ ক্ষুদ্র পূর্ণসংখ্যার অনুপাত বুঝায়, যেমন, 1 : 1, 2 : 3, 3 : 5 ইত্যাদি। একটি উদাহরণ দিলে ইহা সহজে বোঝা যাইবে। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন এই দুইটি মৌলের সংযোগে দুইটি বিভিন্ন যৌগ হয়। একটি জল, অপরটি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড। এই দুই যৌগের বিশ্লেষণ করিয়া নিম্নলিখিত ফল পাওয়া গিয়াছে:

| যৌগ | ওজনের অনুপাত হাইড্রোজেন : অক্সিজেন | | হাইড্রোজেন : অক্সিজেন |
|---|---|---|---|
| (ক) জল | 1.008 : 8.0 | বা | 2.016 : 16 |
| (খ) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড | 1.008 : 16.0 | | 1.008 : 16 |

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের ( 1.008 ভাগ ) সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত তাহার অনুপাত 8 : 16 অর্থাৎ 1 : 2। আবার, নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনের ( 16 ভাগ ) সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণ হাইড্রোজেন যুক্ত, তাহার অনুপাত 2.016 : 1.008 (অর্থাৎ 2 : 1)। ইহাই গুণানুপাত সূত্রের তাৎপর্য।

(৩) **মিথোনুপাত সূত্র** ( Law of reciprocal proportions )। একটি মৌল অপর দুইটি মৌলের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগের সৃষ্টি করিতে পারে। প্রথম মৌলের এক নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে অপর মৌল দুইটির বিভিন্ন ওজন মিলিত হইবে। এখন যদি শেষোক্ত মৌল দুইটি নিজেরা মিলিয়া কোন যৌগ উৎপাদন করে তাহা হইলে তাহারা যে ওজনে মিলিত হইবে সেই ওজনগুলি পূর্বোক্ত বিভিন্ন ওজনের সমান বা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক হইবে।

যেমন, হাইড্রোজেন পৃথকভাবে কার্বন এবং অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিয়া মিথেন ও জল সৃষ্টি করে। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, উহাদের ওজনের অনুপাত :

মিথেন → কার্বন : হাইড্রোজেন = 3 : 1.008
জল → অক্সিজেন : হাইড্রোজেন = 8 : 1.008

আবার কার্বন এবং অক্সিজেন যখন নিজেদের ভিতর মিলিত হয়, তখন দেখা যায় :

(১) কার্বন ডাই-অক্সাইড → কার্বন : অক্সিজেন = 3 : 8
(২) কার্বন মনোক্সাইড → কার্বন : অক্সিজেন = 6 : 8

অর্থাৎ যে ওজনে উহারা 1.008 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়াছিল, সেই ওজনের অনুপাতে অথবা তাহার সরলগুণিতকে উহারা নিজেদের ভিতর সংযুক্ত হয়।

অতএব, "যে বিভিন্ন ওজনে দুইটি মৌলিক পদার্থ তৃতীয় একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হয়, কেবলমাত্র সেই বিভিন্ন ওজনেই বা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের অনুপাতেই—উহারা নিজেদের ভিতর মিলিত হইয়া যৌগ উৎপাদন করে"—ইহাকেই 'মিথোনুপাত সূত্র' বলে।

এই সূত্রের যথার্থতা অন্যভাবেও প্রকাশ করা যাইতে পারে। স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে, নির্দিষ্ট পরিমাণ মৌলের সঙ্গে অপর একটি মৌল নির্দিষ্ট পরিমাণে যুক্ত হইবে। আটভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে অন্য মৌলগুলির যত ভাগ ওজন মিলিত হইয়া যৌগ উৎপাদন করে সেই ওজনকে উহাদের যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার (equivalent weight) বলে। যেমন, আটভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে

3 ভাগ কার্বন, ($CO_2$), 8 ভাগ সালফার, ($SO_2$),
23 ভাগ সোডিয়াম, ($Na_2O$), 20 ভাগ ক্যালসিয়াম ($CaO$),
1.008 ভাগ হাইড্রোজেন ($H_2O$), 35.5 ভাগ ক্লোরিণ ($Cl_2O$) ইত্যাদি,

মিলিত হইয়া বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন হয়। এই ওজনগুলি এই সকল মৌলের তুল্যাঙ্কভার। এই তুল্যাঙ্কভারের একটি বিশেষ গুরুত্ব আছে। মৌলগুলি যখন নিজেদের মধ্যে মিলিত হয় তখন দেখা যায় উহাদের ওজনের অনুপাতও এই তুল্যাঙ্কের অনুপাত বা তাহার সরল গুণিতক। যেমন, সোডিয়াম ( তুল্যাঙ্ক 23) এবং অক্সিজেন ( তুল্যাঙ্ক 8 )

মিলিয়া দুইটি যৌগ উৎপাদন করে; সোডিয়াম মনোক্সাইড ($Na_2O$) এবং সোডিয়াম পার-অক্সাইড ($Na_2O_2$)। বিশ্লেষণে উহাদের ওজনের অনুপাত,

| | সোডিয়াম মনোক্সাইড | সোডিয়াম পারঅক্সাইড |
|---|---|---|
| Na : O | 23 : 8 | 23 : 16 |

অতএব "মৌলিক পদার্থগুলি সংযোগকালে উহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্ক বা তুল্যাঙ্কের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়।" ইহাকে বলা হয়, **'তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র'**। একটু অনুধাবন করিলে দেখা যাইবে যে মিথোনুপাত সূত্রের প্রতিপাদ্য এই তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্রেরই একটি নিদর্শন মাত্র।

**১-২। আণবিক এবং পারমাণবিক গুরুত্ব।** সাধারণভাবে কোন পদার্থের এক ঘন-সেন্টিমিটার (1 cc) পদার্থের ওজনকে উহার ঘনত্ব বলা হয়। অতএব একটি বস্তুর ওজন যদি w গ্রাম এবং আয়তন v cc হয়, তবে উহার ঘনত্ব, $d = w/v$ গ্রাম/সিসি। উষ্ণতা ও চাপের উপর আয়তন নির্ভর করে, তবে তরল ও কঠিন পদার্থের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনে সামান্যই বদলায়। সুতরাং ঘনত্ব প্রায় একই থাকে।

কিন্তু গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতা ও চাপের প্রভাব খুব বেশী, অতএব গ্যাসের ঘনত্ব বিশেষভাবে চাপ ও উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। 0°C এবং 76 সেন্টি. চাপে এক সিসি গ্যাসের ওজনকে উহার **'প্রমাণ ঘনত্ব'** (normal density) বলা হয়। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়, এক ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেনের ওজন, 0.00009 গ্রাম, ইহাই হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব।

এখন অন্য কোন গ্যাসের, ধর কার্বন ডাই-অক্সাইড, প্রমাণ ঘনত্ব, 0.00198 গ্রাম। সুতরাং উহা হাইড্রোজেন অপেক্ষা $0.00198/0.00009 = 22$ গুণ ভারী।

গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব খুব কম, আর হাইড্রোজেন লঘুতম গ্যাস। এইজন্য গ্যাসের ঘনত্ব গ্রামে না মাপিয়া হাইড্রোজেনের ঘনত্বের সঙ্গে তুলনা করিয়া প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ, কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব, 22 বলা হয়; ইহার অর্থ, এই গ্যাস হাইড্রোজেন হইতে বাইশগুণ ভারী। এইরূপ, অ্যামোনিয়ার ঘনত্ব বলা হয়, 8.5। অ্যামোনিয়া হাইড্রোজেন অপেক্ষা 8.5 গুণ ভারী, উহার প্রকৃত ঘনত্ব, $8.5 \times 0.00009$ গ্রাম।

**পারমাণবিক গুরুত্ব।** প্রত্যেক মৌলই উহার পরমাণুর সমষ্টি। এই পরমাণুগুলি অতি ক্ষুদ্র এবং উহাদের ওজনও অত্যন্ত কম। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন, $1.66 \times 10^{-24}$ গ্রাম। গুরুভার ইউরেনিয়ামের পরমাণুর ওজন, $3.85 \times 10^{-22}$ গ্রাম মাত্র। এই ওজন এত কম যে কল্পনা করাও শক্ত। দশমিক বা ভগ্নাংশে এত ছোট ওজন ব্যবহার করা অসুবিধাজনক, সেইজন্য রসায়নবিদেরা এক নূতন পদ্ধতি অবলম্বন করিয়াছেন। ওজন প্রকাশে একটি একক প্রয়োজন। এই পদ্ধতিতে এমন একটি একক লওয়া হইয়াছে, যাহার পরিমাপে একটি কার্বন পরমাণুর ওজন 12.00 একক হইবে। অর্থাৎ কার্বন পরমাণুর ওজন যদি x গ্রাম হয়, তবে এককটি হইবে $x/12$ গ্রাম। এই একক দিয়া মাপিলে, বিভিন্ন পরমাণুর ওজন হইবে,

$^{1}H = 1.007825$; $^{14}N = 14.003074$; $^{23}Na = 22.9898$;
$^{16}O = 15.994915$; $^{35}Cl = 34.968851$; $^{64}Cu = 63.9298$ ইত্যাদি

এই সংখ্যাগুলিকে পরমাণুর ওজন না বলিয়া 'পারমাণবিক গুরুত্ব' বলা হয়। ইহা হইতে আমরা পরমাণুগুলির পরস্পরের আপেক্ষিক গুরুত্ব (লঘু বা ভারী) জানিতে পারি। ইহা একটি সংখ্যামাত্র।

এই গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের পাঃ গুরুত্ব মাত্র 1.008 ইহা মোটামুটি কার্বন পরমাণুর 1/12 অংশ। সুতরাং আমাদের পদ্ধতির একক স্থূলভাবে হাইড্রোজেন পরমাণুর পাঃ গুরুত্বের সমান।

অতএব, স্থূল হিসাবে পাঃ গুরুত্ব বলিতে একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী তাহাই বোঝায়। ব্রোমিনের পরমাণু হাইড্রোজেনের পরমাণ অপেক্ষা 80 গুণ ভারী, উহার পাঃ গুরুত্ব, 80।

আণবিক গুরুত্ব। একাধিক পরমাণুর সমন্বয়ে অণুর সৃষ্টি। সুতরাং অণুও খুব ক্ষুদ্র এবং ওজনও অত্যন্ত কম। যেমন,

| | চিনি | লবণ | জল | হাইড্রোজেন |
|---|---|---|---|---|
| অণুর ওজন | $5.68\times10^{-22}$ | $9.71\times10^{-23}$ | $2.99\times10^{-23}$ | $3.32\times10^{-24}$ গ্রাম |

এই ক্ষুদ্রতার জন্যই পাঃ গুরুত্ব যেভাবে প্রকাশ করা হয়, সেই পরিমাপেই অণুর ওজনও প্রকাশ করা হয়। সেই একই একক (x/12) এখানেও প্রচলিত। এইভাবে চিনির গুরুত্ব হইবে, 342। অর্থাৎ চিনির আণবিক গুরুত্ব, 342। স্থূল হিসাবে, মোটামুটি একটি চিনির অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা 342 গুণ ভারী। একটি হাইড্রোজেন অপেক্ষা একটি অণু যত গুণ ভারী তদ্দ্বারা উহার আণবিক গুরুত্ব স্থির হয়।

$$\therefore \text{ আণবিক গুরুত্ব } = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

এইরূপ, যে এককের পরিমাপে কার্বনের গুরুত্ব 12 সেই পরিমাপে জলের আণবিক গুরুত্ব, 18। এই আণবিক গুরুত্বও একটি সংখ্যা মাত্র।

যেহেতু প্রত্যেক পরমাণুর গুরুত্বও সেই একই এককে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং অণুতে বর্তমান সবগুলি পরমাণুর পাঃ গুরুত্ব যোগ করিলেই অণুর আণবিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে। এইভবে, চিনির ($C_{12}H_{22}O_{11}$) বেলায়,

$$12C = 12\times12 = 144;\ 22H = 22\times1 = 22,\ 11O = 11\times16 = 176$$
$$\therefore \text{ আণবিক গুরুত্ব } M = 144+22+176 = 342$$

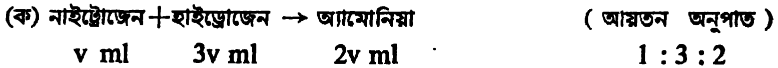
পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যে সংখ্যা, সেই সংখ্যক গ্রাম ওজনের পরিমাণকে উহার এক গ্রাম-অণু বলে। যেমন, জলের M = 18, সুতরাং এক গ্রাম-অণু জল = 18 গ্রাম জল। সালফিউরিক অ্যাসিডের M = 98, এক গ্রাম অণু ঐ অ্যাসিড = 98 গ্রাম সাল-ফিউরিক অ্যাসিড।

এইভাবে, পাঃ গুরুত্ব সংখ্যক গ্রাম ওজনের কোন মৌলের পরিমাণকে উহার এক গ্রাম-পরমাণু বলা হয়। যেমন, ক্লোরিণের এক গ্রাম-পরমাণু = 35.5 গ্রাম।

**১-৩। গ্যাসায়তন সূত্র (Law of gaseous volumes)।** গে লুসাক এবং হামবোল্ট নানারকম গ্যাসের বিক্রিয়া পরীক্ষা করেন এবং কি আয়তনের অনুপাতে উহারা

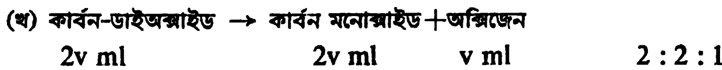
মিলিত হয় তাহা অনুধাবন করেন। এই সকল পরীক্ষা হইতে গে লুসাক দেখিতে পান:

"গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে। বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত পদার্থও যদি গ্যাস হয়, তাহা হইলে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকিবে।" ইহাই 'গ্যাসায়তন সূত্র'। অবশ্য পরীক্ষাকালে সমস্ত গ্যাসের আয়তন একই চাপ এবং উষ্ণতায় মাপিতে হইবে। এই সূত্রের সমর্থনে দুইটি উদাহরণ এখানে দেওয়া হইল:



(ক) নাইট্রোজেন + হাইড্রোজেন → অ্যামোনিয়া (আয়তন অনুপাত)

v ml 3v ml 2v ml 1 : 3 : 2



(খ) কার্বন-ডাইঅক্সাইড → কার্বন মনোক্সাইড + অক্সিজেন

2v ml 2v ml v ml 2 : 2 : 1

উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন যে বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সমান হইবে তাহার কোন নিশ্চয়তা নাই।

১-৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প। ডালটনের (1808) পরমাণুবাদ হইতে জানা গিয়াছিল, যৌগ গঠনে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু আসিয়া সরল অনুপাতে মিলিত হয় এবং যৌগের ক্ষুদ্রতম অংশ তৈয়ারী হয়। ডালটন 'অণুর' কল্পনা করেন নাই। যৌগের ক্ষুদ্রতম অংশকে বলা হইল, 'যৌগপরমাণু'। প্রায় একই সময়ে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র হইতে জানা গেল; বিভিন্ন গ্যাসও আয়তনের সরল অনুপাতে মিলিত হয়। এই দুইটি তথ্যের পরিপ্রেক্ষিতে বার্জেলিয়াস বলিলেন যে,

"নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে, সমায়তন যে কোন গ্যাসে একই সংখ্যক পরমাণু থাকে।" ইহাকে বলা হয় 'বার্জেলিয়াস সিদ্ধান্ত'। কিন্তু এই সিদ্ধান্ত নির্ভুল নহে।

জানা আছে, এক ঘন সেণ্টি হাইড্রোজেন এবং এক ঘন সেণ্টি ক্লোরিণ সংযোগে দুই ঘন সেণ্টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হয়। মনে কর, প্রতি সিসি গ্যাসে n সংখ্যক পরমাণু আছে। তাহা হইলে,—

2n হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরমাণু = n পরমাণু হাইড্রোজেন + n পরমাণু ক্লোরিণ

∴ 1 ,, ,, ,, = 1/2 ,, ,, + 1/2 ,, ,,

অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের পরমাণু গঠনে অর্ধ-পরমাণু ক্লোরিণ বা হাইড্রোজেন প্রয়োজন। কিন্তু পরমাণু অবিভাজ্য, সুতরাং উপরোক্ত সিদ্ধান্ত ভুল।

এই অসুবিধা দূর করিতে ইতালীয় পদার্থবিদ অ্যাভোগাড্রো (1811) অণুর কল্পনা করিলেন। তিনি বলিলেন, প্রত্যেক পদার্থই—যৌগ বা মৌল—ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণুর সমষ্টি। ইহারা স্বাধীন, পরস্পরের মধ্যে কোন যোগাযোগ ছাড়াও উহাদের অস্তিত্ব থাকে। এই অণুগুলি আবার মৌলিক অবিভাজ্য পরমাণু-কণার দ্বারা গঠিত।

অতঃপর অ্যাভোগাড্রো প্রস্তাব করিলেন, "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে, সম-আয়তন-বিশিষ্ট যে কোন গ্যাসের অণুর সংখ্যা একই হইবে।" অর্থাৎ সমাবস্থায় এক লিটার জলীয় বাষ্প, অ্যামোনিয়া, কার্বন-ডাই-অক্সাইড বা যে কোন গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু

থাকে। ইহাকেই বলে 'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প'। প্রত্যক্ষভাবে অণু গণনা না করিলেও পরোক্ষভাবে এই প্রকল্পের সত্যতা পরীক্ষাদ্বারা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে। এই প্রকল্পের সাহায্যে গ্যাসায়তন সূত্রের সমর্থন পাওয়া যায়ই। তাছাড়া আরও অনেক গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। যেমন,

(ক) এই প্রকল্পের দ্বারা বার্জেলিয়াস সিদ্ধান্তের অসুবিধা দূর হইয়াছে। এখন বলা যায়,

2n হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু $=$ n হাইড্রোজেন অণু $+$n ক্লোরিণ পরমাণু

$\therefore$ 1 ,, ,, ,, $= 1/2$ ,, ,, $+1/2$ ,, ,,

পরমাণু অবিভাজ্য, অণু অবিভাজ্য নয়। সুতরাং অর্ধ-অণুর অস্তিত্ব সম্ভব। অণুতে যুগ্ম-সংখ্যক পরমাণু থাকিলেই $1/2$ অণু হওয়া যুক্তিবিরুদ্ধ নয়। বস্তুতঃ, হাইড্রোজেন অণুতে দুইটি পরমাণু আছে ধরা হইল।

হাইড্রোজেন অণুর দ্বি-পরমাণুকত্ব আপেক্ষিক তাপের পরীক্ষা হইতেও সমর্থিত হইয়াছে। সেইরূপ, অক্সিজেন, ক্লোরিণ, নাইট্রোজেন প্রভৃতির অণুও দ্বি-পরমাণুক।

(খ) "পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার গ্যাসীয় অবস্থার ঘনত্বের দ্বিগুণ।"

$$\text{গ্যাসের ঘনত্ব, } D = \frac{\text{v. c.c. গ্যাসের ওজন}}{\text{v. c.c. হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

যদি v.c.c. যে কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা হয় x; তাহা হইলে,

$$D = \frac{\text{x অণু গ্যাসের ওজন}}{\text{x অণু হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{\text{x অণু গ্যাসের ওজন}}{\text{2xপরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \tfrac{1}{2} \times \frac{\text{একটি গ্যাসের অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}} = \tfrac{1}{2}M \text{ ( আঃ গুরুত্ব )}$$

$$\therefore M = 2D$$

(গ) "নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম্-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন একই হইবে।"

ধর, একটি গ্যাসের ঘনত্ব, $\rho$, তাহা হইলে তাহার আণবিক গুরুত্ব, $M = 2\rho$

এক গ্রাম-অণুর ওজন $= M$ গ্রাম

এবং উহার একটি অণু হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা M গুণ ভারী।

w গ্রাম যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন হয়, তাহা হইলে গ্যাস-টির একটি অণুর ওজন, $M \times w$ গ্রাম

$$\therefore \text{ এক গ্রাম-অণু গ্যাসের অণুর সংখ্যা হইবে, } \frac{M}{M \times w} = \frac{1}{w}$$

হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন (w) নির্দিষ্ট, অতএব যে কোন গ্যাসেই এক গ্রাম-অণুতে একই সংখ্যক অণু থাকিবে।

এক গ্রাম-অণুতে যতটা অণু আছে তাহাকে বলে, অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, $N_0$, এবং ইহার মান, $N_0 = 6.02 \times 10^{23}$

যেহেতু এক গ্রাম-অণুতে সব গ্যাসেই একই সংখ্যক অণু আছে, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে উহাদের আয়তনও একই হইবে।

অতএব বলা যায়, "নির্দিষ্ট চাপ এবং উষ্ণতায় যে কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে।"

অ্যামোনিয়ার এক গ্রাম-অণু = 17 গ্রাম, প্রমাণ অবস্থায়, উহার গ্যাস-ঘনত্ব = 8.5, অর্থাৎ ওজনের হিসাবে উহার ঘনত্ব $=8.5 \times 0.00009$ গ্রাম

$\therefore$ এক গ্রাম-অণুর প্রমাণ অবস্থায় আয়তন $= 17/(8.5 \times 0.00009) = 22.2$ লিটার।

এই গণনাতে, $H = 1$ ধরা হইয়াছে। সূক্ষ্ম হিসাবে, $H = 1.008$ ধরিলে এই আয়তন হইবে, 22.4 লিটার। **সব গ্যাসেরই প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন, 22.4 লিটার।**

(ঘ) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।** পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে এই প্রকল্প অনেক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়।

পরমাণু অবিভাজ্য, সুতরাং যৌগের অণুতে উহার উপাদানের একটির চেয়ে কম পরমাণু কখনও থাকিতে পারে না। এই সত্যের উপর নির্ভর করিয়া ক্যানিজারো অনেক মৌলের পাঃ গুরুত্ব স্থির করেন। এইজন্য নিম্নলিখিত পরীক্ষা প্রয়োজন:

(ক) যে মৌলের পাঃ গুরুত্ব জানা প্রয়োজন উহার কয়েকটি গ্যাসীয় যৌগ লইয়া উহাদের ঘনত্ব নির্ণয় করিতে হইবে। সুতরাং উহাদের গ্রাম-অণুর পরিমাণ জানা যাইবে $(M=2D)$।

(খ) ঐ সকল যৌগে উহাদের প্রতি গ্রাম-অণুতে সেই মৌলের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।

যদি বহুসংখ্যক যৌগ এইভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে অন্ততঃ উহাদের একটি যৌগের অণুতে সেই মৌলের একটি পরমাণু থাকিবে। বিশ্লেষণের ফলে, মৌলের যে নিম্নতম পরিমাণ পাওয়া যাইবে, উহাই মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব। কারণ, উহার চেয়ে কম পরিমাণ অংশ কোন যৌগে থাকে না এবং একটির চেয়ে কম পরমাণুও কোন অণুতে থাকিতে পারে না। এইভাবে কার্বনের পাঃ গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইতে পারে। পরীক্ষায় নিম্নোক্ত ফল পাওয়া যায়:

| কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ | ঘনত্ব | আঃ গুরুত্ব | এক গ্রাম-অণুতে কার্বনের পরিমাণ |
|---|---|---|---|
| কার্বন মনোক্সাইড | 14 | 28 | 12 |
| কার্বন ডাই-অক্সাইড | 22 | 44 | 12 |
| মিথেন | 8 | 16 | 12 |
| ইথেন | 15 | 30 | 24 |
| অ্যাসিটিলীন | 13 | 26 | 24 |
| বেনজিন | 39 | 78 | 72 |
| ইথার | 37 | 74 | 48 |

দেখা যাইতেছে, কার্বন যৌগের গ্রাম-অণুতে 12 ভাগ অথবা উহার কোন সরল গুণিতক ভাগ কার্বন থাকে। 12 ভাগের চেয়ে কম কার্বনবিশিষ্ট কোন যৌগ পাওয়া যায় না। সুতরাং কার্বনের পাঃ গুরুত্ব, 12।

**১-৫। তুল্যাঙ্ক নির্ণয়।** পূর্বেই বলা হইয়াছে, মৌলের যত পরিমাণ ওজন এক ভাগ পরিমাণ (বস্তুতঃ 1.008 ভাগ) ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় বা কোন যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে, তাহাই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্ক। অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক, 8.0 এবং ক্লোরিণের তুল্যাঙ্ক, 35.5। অর্থাৎ, এই সকল মৌল উক্ত পরিমাণে একভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হয়। সাধারণভাবে বলা যাইতে পারে, মৌলের যে পরিমাণ ওজন 8.0 ভাগ অক্সিজেন বা 35.5 ভাগ ক্লোরিণের সঙ্গে যুক্ত হয়, অথবা অন্য কোন মৌলের তুল্যাঙ্কের সঙ্গে যুক্ত হয়, তাহাই সেই মৌলের তুল্যাঙ্ক। যেমন, ব্রোমিনের তুল্যাঙ্ক 80.0। দেখা গিয়াছে 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 80 গ্রাম ব্রোমিনের সঙ্গে যুক্ত হয়। অতএব, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক হইবে, 12।

যৌগমূলকেরও তুল্যাঙ্ক স্থির করা যায়। $SO_4$-মূলকের 48 ভাগ একভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হয়, সুতরাং $SO_4$-মূলকের তুল্যাঙ্ক, 48। তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

(১) **অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন সাহায্যে।** জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্ক এইভাবে নির্ণয় হয়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে, নির্দিষ্ট পরিমাণ (w gm) ধাতু দিলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হয়, তাহা একটি গ্যাস-বুরেটে সংগ্রহ করিয়া তাহার আয়তন (v c.c.) স্থির করা হয়। পরীক্ষাকালীন বায়ুচাপ (B) এবং উষ্ণতা (t) এবং বাষ্পচাপ (f)ও জানিয়া লওয়া হয়। সুতরাং সংগৃহীত গ্যাসের প্রমাণ-অবস্থায় আয়তন ($v_0$) হইবে,

$$v_0 = \frac{v(B-f)\times 273}{760\times(273+t)}\text{।}\quad \text{ইহার ওজন, } v_0\times 0.00009 \text{ গ্রাম}$$

$$\therefore\ v_0\times 0.00009 \text{ গ্রাম হাইড্রোজেন } w \text{ গ্রাম ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।}$$

$$\text{অতএব, } 1.008 \text{ গ্রাম } - - - \frac{w\times 1.008}{v_0\times 0.00009} \text{ গ্রাম } - - -\text{। ইহাই ধাতুর তুল্যাঙ্ক।}$$

(২) **অক্সিজেনের সহিত সংযোগে।** কোন মৌলের নির্দিষ্ট পরিমাণকে জারিত করিয়া উহার অক্সাইডের পরিমাণ স্থির করা হয়। তাহা হইতে 8.0 ভাগ অক্সিজেন কি পরিমাণ মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইল, জানা যায়। তাহাই ঐ মৌলের তুল্যাঙ্ক। কার্বন, কপার প্রভৃতি মৌলের তুল্যাঙ্ক এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয়। নির্দিষ্ট পরিমাণ কপার (w গ্রাম) লইয়া উহাকে প্রথমতঃ $HNO_3$-অ্যাসিডে দ্রব করিয়া কপার নাইট্রেটে পরিণত করা হয়। শুষ্ক করিয়া কঠিন কপার নাইট্রেটকে খুব উত্তপ্ত করিলে উহা কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়াশেষে এই অক্সাইডের ওজন ($w_1$ গ্রাম) স্থির করা হয়। বলা বাহুল্য,

$(w_1 - w)$ গ্রাম অক্সিজেন w গ্রাম কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে।

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্ক, $\dfrac{w \times 8}{(w_1 - w)}$।

অনেক সময় মৌলের নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সাইডের বিজারণে অক্সিজেন দূরীভূত করিয়া মৌল উদ্ধার করিয়া উহার ওজন স্থির করা হয়। তাহা হইতে অনুরূপভাবে তুল্যাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব।

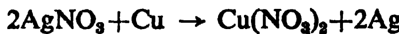
(৩) **ক্লোরিণের সঙ্গে সংযুক্তির সাহায্যে।** কোন কোন মৌল যেমন, Na, K, Ag, Pb, Si, Fe ইত্যাদির তুল্যাঙ্ক, উহাদের ক্লোরাইড হইতে স্থির করা হয়। কখনও সরাসরি মৌলটি ক্লোরিণের সঙ্গে যুক্ত হয়, অথবা মৌলের কোন যৌগের দ্রবণ হইতে ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করিয়া লওয়া হয়।

**সিলভারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়।** $w_1$ গ্রাম বিশুদ্ধ সিলভার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। এই সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে অতিরিক্ত HCl- দ্রবণ দিলে, সম্পূর্ণ সিলভারটুকু সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাকে ছাঁকিয়া, ধুইয়া, শুষ্ক করিয়া লইয়া, ওজন $(w_2)$ স্থির করা হয়।

$(w_2 - w_1)$ গ্রাম ক্লোরিণ $w_1$ গ্রাম সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে। অতএব,

$$\text{সিলভারের তুল্যাঙ্ক, } \frac{35.5 \times w_1}{w_2 - w_1}$$

(৪) **ধাতুর পারস্পরিক প্রতিস্থাপন দ্বারা।** অনেক সময় কোন যৌগের একটি ধাতুকে অপর একটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। যেমন,



$$2AgNO_3 + Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$$

এইরূপ প্রতিস্থাপনে ধাতুগুলি—কপার এবং সিলভার—অবশ্যই উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে অংশ গ্রহণ করে। x গ্রাম কপার দ্রব হইয়া যদি y গ্রাম সিলভার বাহির হইয়া আসে, তাহা হইলে,

$$E_{Cu}/E_{Ag} = x/y$$

$E_{Cu}$, $E_{Ag}$ কপার এবং সিলভারের তুল্যাঙ্ক।

$$\therefore \quad E_{Cu} = (x/y).E_{Ag}$$

সিলভারের তুল্যাঙ্ক জানা থাকিলে কপারের তুল্যাঙ্ক বাহির করা যাইবে।

যৌগমূলকের প্রতিস্থাপন দ্বারাও এইভাবে তুল্যাঙ্ক বাহির করা যায়। ধর, বেরিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে। নির্দিষ্ট পরিমাণ বেরিয়াম ক্লোরাইড (w) দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত $H_2SO_4$ দ্রবণ দিলে, সম্পূর্ণ বেরিয়াম উহার সালফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে। উহার ওজন $(w')$ স্থির করিতে হইবে। এখন বেরিয়ামের তুল্যাঙ্ক যদি x হয়, তাহা হইলে উহার $(x+35.5)$ গ্রাম ক্লোরাইড $(x+48)$ গ্রাম সালফেট উৎপন্ন করিবে। [35.5 ক্লোরিণের এবং 48 সালফেট মূলকের তুল্যাঙ্ক]

$$\therefore \quad \frac{w}{w'} = \frac{x+35.5}{x+48}$$

ইহা হইতে বেরিয়ামের তুল্যাঙ্ক, x জানা যাইবে।

এসব ছাড়াও, তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। উহা পরে আলোচিত হইবে।

**১-৬। তুল্যাঙ্ক এবং পারমাণবিক গুরুত্ব।** কোন মৌলের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করে, সেই সংখ্যাকে ঐ মৌলের 'যোজ্যতা' বলা হয়। অক্সিজেনের একটি পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে, অতএব অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই। X-মৌলের যোজ্যতা যদি n হয়, তবে উহার হাইড্রাইডের সংকেত হইবে $XH_n$। যোজ্যতা (n) অবশ্যই পূর্ণসংখ্যা হইবে।

মনে কর, X-মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, a এবং ইহার যোজ্যতা, n। অতএব, n সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত X-এর একটি পরমাণু যুক্ত হয় অর্থাৎ, ওজনে 'n' ভাগ হাইড্রোজেন 'a' ভাগ X-এর সঙ্গে যুক্ত হয়।

∴ ওজনে একভাগ হাইড্রোজেন a/n ভাগ X-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। কিন্তু এক-ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত মৌলের যে পরিমাণ যুক্ত হয় তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক, E.

$$\therefore \quad E = a/n = \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$$

অথবা, মৌলের পাঃ গুরুত্ব = যোজ্যতা × তুল্যাঙ্ক

$$a = n \times E$$

**১-৭। পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।** ক্যানিজারো প্রণালীতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে পাঃ গুরুত্ব বাহির করা যায়। ইহা পূর্বেই আমরা দেখিয়াছি। আরও কয়েকটি পদ্ধতি এখানে দেওয়া হইল।

**(ক) ডুলং-পেটিট সূত্র হইতে।** কোন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফলকে বলে পরমাণু-তাপ (atomic heat)। নানা পরীক্ষার ফলে ডুলং এবং পেটিট (Dulong and Petit) প্রমাণ করেন:

"কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের পরমাণুতাপ সর্বদা একই হয় এবং উহার পরিমাণ, 6.4।" কেবলমাত্র কার্বন, বোরণ, সিলিকন প্রভৃতি কয়েকটি মৌলের ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায়।

অতএব, পাঃ গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ = 6.4

অর্থাৎ, পাঃ গুরুত্ব = 6.4/আপেক্ষিক তাপ

সুতরাং, আপেক্ষিক তাপ নির্ধারণ করিলেই উহার পাঃ গুরুত্ব বাহির করা যাইবে। এই উপায়ে পারমাণবিক গুরুত্বের একটা মোটামুটি আন্দাজ পাওয়া যাইবে।

ম্যাগনেসিয়ামের আপেক্ষিক তাপ = 0.262, উহার পাঃ গুরুত্ব মোটামুটি হইবে, 6.4/0.262 = 24.4

নির্ভুল পাঃ গুরুত্ব নিরূপণ করিতে হইলে, মৌলটির তুল্যাঙ্ক প্রথমে স্থির করিতে হইবে। আমরা জানি, তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা = পাঃ গুরুত্ব (অনুচ্ছেদ, ১-৬)।

কিন্তু যোজ্যতা প্রত্যক্ষভাবে বাহির করা সম্ভব নয়, তবে উহা একটি পূর্ণসংখ্যা হইবেই। যোজ্যতা স্থির করার জন্য প্রথমে ডুলং ও পেটিট সূত্রানুযায়ী আপেক্ষিক-তাপ হইতে মৌলের স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব জানিয়া লওয়া হয়। এই পাঃ গুরুত্বকে তুল্যাঙ্ক দিয়া ভাগ করিলেই যোজ্যতা জানা যায়। ভাগফলের আসন্ন পূর্ণসংখ্যাই যোজ্যতা হইবে।

যেমন, ম্যাগনেসিয়ামের স্থূল পাঃ গুরুত্ব $= 24.4$ (ডুলং-পেটিট)

উহার তুল্যাঙ্ক $= 12.15$, অতএব, উহার যোজ্যতা $= 24.4/12.15 = 2.01$। যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, আসন্ন পূর্ণসংখ্যা 2 উহার যোজ্যতা হইবে।

$\therefore$ সঠিক পাঃ গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা $= 12.15 \times 2 = 24.3$

ইহাছাড়া, সম-আকৃতির স্ফটিকের বিশ্লেষণ হইতে পাঃ গুরুত্ব বাহির করা যায়। এই জন্য প্রথমতঃ সমাকৃতি-সূত্রটির পর্যালোচনা প্রয়োজন।

**(খ) সমাকৃতি-সূত্রের** (Law of isomorphism) **সাহায্যে :** বিভিন্ন রাসায়নিক যৌগ অনেক সময় একই কেলাস তৈয়ারী করে। একাধিক পদার্থের এই সম-আকৃতির কেলাসরূপে অবস্থানকে সমাকৃতি বলা হয়। সমাকৃতিক পদার্থগুলির ধর্ম ও সংকেত একই ধরনের। সমাকৃতিক দুইটি লবণের মধ্যে নিম্নলিখিত শর্তগুলি বর্তমান :

(ক) দুইটির একই রকমের সংকেত হইতে হইবে,

(খ) কেলাস যে সকল কণাদ্বারা গঠিত, উহাদের আপেক্ষিক আকার (relative size) স্থূলতঃ সমান হইতে হইবে,

(গ) কণাগুলির মধ্যের যোজকের (আয়নীয় বা সমযোজক) প্রকৃতি অনুরূপ হওয়া বাঞ্ছনীয়।

**একই সংখ্যক পরমাণু একইভাবে যুক্ত হইয়া সাধারণতঃ সমাকৃতির কেলাস তৈয়ারী করে,** অর্থাৎ কেলাসের রূপ পরমাণুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। উহা নির্ভর করে পরমাণুর সংখ্যা এবং পরমাণুগুলি কিভাবে যুক্ত হইয়াছে তাহার উপর।

**ইহাকেই মিৎসারলিসের সমাকৃতি সূত্র** (Mitscherlich's law of isomorphism) বলা হয়। $ZnSO_4.7H_2O$ এবং $FeSO_4.7H_2O$—দুই সমাকৃতিক পদার্থ। উহাদের অণুতে পরমাণুসংখ্যা এক এবং তাহারা একইভাবে যুক্ত। এই সূত্রের সাহায্যে এক সময় বহু মৌলের **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়** করা সম্ভব হইয়াছে।

**উদাহরণ :** পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সেলিনেট দুইটি সমাকৃতিক পদার্থ। বিশ্লেষণে দেখা গিয়াছে সেলিনেটে শতকরা 35.77 ভাগ সেলিনিয়াম আছে। সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

যেহেতু উভয়ে সমাকৃতিক এবং পটাসিয়াম সালফেটের সংকেত $K_2SO_4$, অতএব পটাসিয়াম সেলিনেটের সংকেত $K_2SeO_4$ হইবে। ধরা যাউক, সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব, x।

$K_2SeO_4$ এর আণবিক গুরুত্ব হইবে—

$$K_2SeO_4 = 2 \times 39.09 + x + 4 \times 16 = 142.19 + x$$

$$\therefore \text{সেলিনিয়ামের } \% = \frac{x}{142.19 + x} \times 100 = 35.77,$$

অর্থাৎ $x = 79.16$, সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব $= 79.16$

দুই পদার্থের কেলাস বাহ্যিক আকারে একরূপ হইলেই সমাকৃতিক হয় না। সমাকৃতির তিনটি লক্ষণ আছে:

(১) **একই ধরনের কেলাস গঠন:** অর্থাৎ দুইটি সমাকৃতিক পদার্থের কেলাস একই শ্রেণীর হইবে এবং উহাদের আকৃতি একরকম হইবে।

(২) **মিশ্র কেলাস গঠন:** দুইটি সমকৃতিক পদার্থের মিশ্র দ্রবণ হইতে উহাদিগকে কেলাসিত করিলে যে-কেলাস পাওয়া যায় তাহাতে উভয় পদার্থই বর্তমান থাকে এবং উক্ত কেলাসে উহাদের পরিমাণ দ্রবণের উপাদানদ্বয়ের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। মিশ্র দ্রবণটি একটির দ্বারা সম্পৃক্ত থাকিলেও কেলাসে দুই পদার্থই থাকিবে। এ-জাতীয় কেলাসকে বলা হয় মিশ্র কেলাস। ইহা সম্পূর্ণরূপে সমসত্ত্ব। এজন্য ইহাকে 'কঠিন দ্রবণ'-ও (solid solution) বলা যাইতে পারে। বেগুনী ক্রোম-অ্যালাম ও সাধারণ অ্যালাম (ফটকিরি)-এর মিশ্র দ্রবণ কেলাসিত করিলে যে মিশ্র অ্যালামটি পাওয়া যায় তাহার রঙ ক্রোম-অ্যালামের পরিমাণ অনুযায়ী বেগুনী বা ফিকে বেগুনী হইয়া থাকে।

(৩) **অধিবৃদ্ধি (overgrowth):** একটি পদার্থের ক্ষুদ্রকায় একটি কেলাস সমাকৃতিক অপর পদার্থের সম্পৃক্ত বা অতি-সম্পৃক্ত দ্রবণে ঝুলাইয়া রাখিলে সাধারণতঃ দেখা যায় কেলাসটি ক্রমশঃ আকারে বাড়িতে থাকে। যেমন, একটি ক্ষুদ্র বেগুনী রঙের ক্রোম-অ্যালাম কেলাস বর্ণহীন সাধারণ অ্যালামের অতিসম্পৃক্ত দ্রবণে ঝুলাইয়া রাখিলে দেখা যায় শেষোক্তটি উহার উপর ক্রমশঃ সঞ্চিত হইতেছে। ফলে একটি বড় কেলাস তৈরী হয়—যাহার কেন্দ্রস্থল বেগুনী কিন্তু চতুর্দিক বর্ণহীন। বস্তুতঃপক্ষে মিশ্র-কেলাস গঠন ও অধিবৃদ্ধি একই জাতীয় ধর্ম।

**সমাকৃতি-সূত্রের ব্যতিক্রম:** (১) রাসায়নিক ধর্মের মিল আছে কিন্তু (অণুমধ্যে) পরমাণুসংখ্যা বিভিন্ন—এমন পদার্থের মধ্যেও অনেক সময় সমাকৃতি দেখা যায়; যেমন—অ্যামোনিয়াম অ্যালাম, $(NH_4)_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ এবং পটাস অ্যালাম, $K_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$.

(২) পরমাণুসংখ্যা এক কিন্তু ধর্মগত রাসায়নিক কোন মিল নাই এমন পদার্থসকলের মধ্যেও কখনও কখনও সমাকৃতি দৃষ্ট হয়, যেমন—সোডিয়াম নাইট্রেট, $NaNO_3$ ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$.

(৩) আবার ধর্মগত এবং পরমাণু-সংখ্যাগত মিল থাকা সত্ত্বেও সমাকৃতি ঘটে না, যেমন, সোডিয়াম নাইট্রেট $NaNO_3$ ও পটাসিয়াম নাইট্রেট $KNO_3$; অথবা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, $MgCO_3$ ও স্ট্রনসিয়াম কার্বনেট, $SrCO_3$.

এই সকল ব্যতিক্রম ব্যতীতও সমাকৃতির সূত্রের সঠিক সংজ্ঞা দেওয়া শক্ত, কারণ ঘনাকার সিস্টেম ব্যতীত কোন দুইটি পদার্থই সম্পূর্ণরূপে নিখুঁত একরূপ কেলাস তৈরী করে না। যেমন, তথাকথিত সমাকৃতিক $ZnSO_4.7H_2O$ ও $FeSO_4.7H_2O$— পদার্থের কেলাসের অন্তঃখণ্ডগুলি এবং আন্তঃপৃষ্ঠীয় কোণগুলি একেবারে সম্পূর্ণ সমান নয়।

ইহা ছাড়াও একটি মারাত্মক অসামঞ্জস্য আছে। কোন কোন পদার্থ আবার একাধিক জ্যামিতিকরূপে কেলাসিত হয়। পদার্থের এই বহু-আকৃতিকতা (polymorphism) অবশ্যই সমাকৃতি সূত্রের বিরুদ্ধ যাইতেছে। বস্তুতঃপক্ষে সমাকৃতির শর্ত হইল—কেলাসের আভ্যন্তরিক গঠনের মিল, রাসায়নিক মিল নহে। যেমন, সমাকৃতিক কেলাস $CaCO_3$ ও $NaNO_3$ একই প্রকার জ্যামিতিক উপাদান বা এককদ্বারা গঠিত।

**বহু-আকৃতিকতা (Polymorphism):** কোন পদার্থের একাধিক কেলাসরূপে অবস্থানকে বহু-আকৃতিকতা বলে। বহু-আকৃতিকতা মৌলিক ও যৌগিক—উভয় প্রকার পদার্থের মধ্যেই দৃষ্ট হয়। মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে উহার বিশেষ নাম বহুরূপতা (allotropy)।

কার্বন, গন্ধক ও ফসফরাস প্রভৃতি মৌলের বহুরূপতা সর্বজনবিদিত। আবার সিলিকন-ডাই-অক্সাইড ($SiO_2$) যৌগিক পদার্থের কোয়ার্জ, ফ্লিন্ট এবং ওপ্যাল প্রভৃতি বিভিন্ন আকৃতির কেলাস আছে। মারকিউরিক আয়োডাইড ($HgI_2$),, হলুদ ও লাল—দুই প্রকারের হইয়া থাকে।

সাধারণতঃ দেখা যায় বহু-আকৃতিক পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) বিভিন্ন রূপগুলি উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভরশীল, অর্থাৎ যে কোন চাপে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় উহাদের রূপান্তর ঘটে। এই রূপান্তর উভমুখী। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে, সাধারণ উষ্ণতায় রম্বিক সালফার সুস্থিত (stable), কিন্তু উহাকে 95.6°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে তাপিত করিলে উহা মনোক্লিনিক সালফারে পরিণত হইয়া যায়। আবার মনোক্লিনিক সালফারকে 95.6°C উষ্ণতার নিম্নে ঠাণ্ডা করিলে উহা পুনরায় রম্বিক সালফারে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, এক অ্যাটমসফিয়ার চাপে 95.6°C উষ্ণতায় রম্বিক ও মনোক্লিনিক সালফার সাম্যাবস্থায় থাকে। অনুরূপভাবে লাল মারকিউরিক আয়োডাইড ($HgI_2$) 126°C উষ্ণতায় হলুদ মারকিউরিক আয়োডাইডে পরিণত হইয়া থাকে। এ-জাতীয় উষ্ণতাকে সংক্রমণ-উষ্ণতা (transition temperature) বলা হয়।

এই সংক্রমণ-উষ্ণতার উপর ভিত্তি করিয়া বহুরূপতাকে তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়; (ক) বিপরীতবর্তী (enantiotropy), (খ) একদিক্‌বর্তী (monotropy) ও (গ) গতীয় বহুরূপতা (dynamic allotropy)।

(ক) বিপরীতবর্তী বা ইনানাসিয়োট্রোপী। এই শ্রেণীর বহুরূপতায় কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতার নিম্নে একটি রূপ এবং ঊর্ধ্বে অপর রূপটি সুস্থিত থাকে। উক্ত নির্দিষ্ট উষ্ণতাই সংক্রমণ-উষ্ণতা। যাহা হউক, এই শ্রেণীর বহুরূপতার লক্ষণ দুইটি: (অ) একটি সংক্রমণ উষ্ণতার অস্তিত্ব, (আ) দুইটি রূপের পরস্পর পরিবর্তনশীলতা।

$$\text{যেমন রম্বিক সালফার} \underset{}{\overset{95.6°C}{\rightleftharpoons}} \text{মনোক্লিনিক সালফার}$$

(খ) একদিক্‌বর্তী বা মনোট্রোপী। এই শ্রেণীতে সকল উষ্ণতায়ই একটি রূপ অপর রূপে সতত পরিবর্তিত হইতেছে, অর্থাৎ রূপান্তর সর্বদা একমুখী। যেমন ওজোন আপনা আপনি বা তাপ-প্রয়োগে অক্সিজেনে রূপান্তরিত হয়, কিন্তু উদ্ভূত অক্সিজেন ঠাণ্ডা করিলে ওজোনে ফিরিয়া আসে না। আবার সাদা ফসফরাস তাপ-প্রয়োগে সহজেই লাল ফস-ফরাসে পরিণত হয়, কিন্তু লাল ফসফরাসকে সাদা ফসফরাসে পরিণত করা সহজসাধ্য নয়। এই একমুখী পরিবর্তনের ব্যাখ্যাস্বরূপ বলা হয় যে, একটি সংক্রমণ-উষ্ণতা অবশ্যই আছে, কিন্তু তাহা গলনাঙ্কের অনেক ঊর্ধ্বে এবং দেখাও যায় বর্ধিত চাপে একদিক্‌-বর্তীয় (monotropic) পদার্থগুলি বিপরীতবর্তীয় পদার্থে পরিণত হয়। যাহা হউক মনোট্রোপীর দুইটি লক্ষণ, (অ) সংক্রমণ-উষ্ণতার অবাস্তবতা, (আ) সর্বদা একমুখী সংক্রমণ।

(গ) গতীয় বহুরূপতা। এই শ্রেণীভুক্ত দুইটি রূপই সকল উষ্ণতায় একত্র অবস্থান করে এবং উহাদের আপেক্ষিক পরিমাণ উষ্ণতার দ্বারা নির্দিষ্ট। যেমন,—গলিত সালফারে দেখা যায় λ-সালফার ও μ-সালফার সব সময়ে পাশাপাশি থাকে। উষ্ণতা

বাড়াইলে $\mu$-সালফারের পরিমাণ বাড়িয়া যায়। গতীয় বহুরূপতার লক্ষণ হইল: (অ) নির্দিষ্ট সংক্রমণ-উষ্ণতা থাকে না, (আ) সকল উষ্ণতায় দুই রূপেরই সাম্যাবস্থায় থাকা।

(গ) **যথার্থ এবং নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব।** রাসায়নিক পদ্ধতিতে সঠিক পাঃ গুরুত্ব নির্ণয়ের সর্বপ্রথম সার্থক চেষ্টা করেন স্টাস্ (Stas, 1860-65)। অক্সিজেনের পাঃ গুরুত্ব 16.00 ধরিয়া তিনি সিলভার এবং অন্যান্য মৌলের পাঃ গুরুত্ব স্থির করেন। তিনি নিম্নোক্ত পরীক্ষাগুলি করিয়াছিলেন।

(অ) নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ $KClO_3$ লইয়া, উহাকে তাপ-বিয়োজিত করিয়া সম্পূর্ণরূপে KCl-এ পরিণত করেন। এই KCl-এর ওজন হইতে কি পরিমাণ অক্সিজেন বাহির হইয়াছে তাহা জানিতে পারেন। ধরা যাউক, $\frac{\text{KCl-এর পরিমাণ}}{O_2\text{-এর পরিমাণ}} = x$

(আ) নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ KCl জলে দ্রবিত করিয়া উহা হইতে (অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণদ্বারা) সম্পূর্ণ ক্লোরাইডকে AgCl-রূপে অধঃক্ষিপ্ত করেন। এই AgCl-এর পরিমাণও ওজন করেন। ধরা যাউক, $\frac{\text{AgCl-এর পরিমাণ}}{\text{KCl-এর পরিমাণ}} = y$

(ই) নির্দিষ্ট পরিমাণ সিলভার-পাত লইয়া ক্লোরিণে উত্তপ্ত করিয়া উহাকে AgCl-এ পরিণত করেন। ধরা যাউক, $\frac{\text{সিলভার-এর পরিমাণ}}{\text{সিলভার ক্লোরাইডের পরিমাণ}} = z$

মনে করা যাউক, KCl-এর আণবিক গুরুত্ব $= a$, AgCl-এর আণবিক গুরুত্ব $= b$, Ag-এর পাঃ গুরুত্ব $= c$। তাহা হইলে, $\frac{a}{48} = x$, $\frac{b}{a} = y$, $\frac{c}{b} = z$

অর্থাৎ, $c = 48xyz$। x, y, এবং z পরীক্ষার দ্বারা জানা গিয়াছে, অতএব Ag-এর পাঃ গুরুত্ব (c) জানা গেল 107·94. এখন Cl-এর পাঃ গুরুত্ব $b-c$, এবং K-এর, $a-c$.

বলাবাহুল্য, এসব ওজন নির্ধারণে যথাসম্ভব সতর্কতা লওয়া হইয়াছিল; তবুও খানিকটা ত্রুটির সম্ভাবনা ছিল, অধঃক্ষিপ্ত AgCl-এ অতি সামান্য KCl অধিশোষিত (adsorbed) হইতে পারে, Ag-এর মধ্যেও সামান্য অক্সিজেন অন্তর্ধৃত থাকার সম্ভবনা ইত্যাদি।

এই শতাব্দীর প্রথমে রিচার্ডস আরও সাবধানতার সঙ্গে ঐরূপ বিশ্লেষণদ্বারা পাঃ গুরুত্ব নির্ণয় করেন। তিনি অবশ্য অনেক উন্নততর যান্ত্রিক ব্যবস্থার সুযোগও পাইয়াছিলেন। রিচার্ডসের পরীক্ষা ছিল:

(১) নির্দিষ্ট পরিমাণ সিলভারকে প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত করেন। উহা হইতে সম্পূর্ণ সিলভারটুকু লঘু NaCl দ্রবণদ্বারা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া উহার পরিমাণ স্থির করেন।

(২) নির্দিষ্ট পরিমাণ সিলভার লইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করেন। পরে দ্রবণটি সাবধানে শুষ্ক করিয়া $AgNO_3$-এর পরিমাণ স্থির করেন।

(৩) নির্দিষ্ট পরিমাণ $NH_4Cl$-কে তিনি AgCl-এ পরিণত করিয়া, অধঃক্ষেপের

ওজন নির্ণয় করেন। সমস্ত ক্ষেত্রেই অতি সতর্কতার সহিত বিশুদ্ধ বিক্রিয়ক প্রস্তুত করিয়া ব্যবহার করা হইয়াছিল।

মনে করা যাউক ওজনের অনুপাতে $\frac{AgCl}{Ag} = a, \frac{AgNO_3}{Ag} = b, \frac{NH_4Cl}{AgCl} = c$

এবং x, y, z যথাক্রমে সিলভার, ক্লোরিণ এবং নাইট্রোজেনের পাঃ গুরুত্ব। তাহা হইলে, $\frac{x+y}{x} = a, \quad \frac{x+z+48}{x} = b, \quad \frac{z+4\times1.0076+y}{x+y} = c$

সমীকরণগুলির সমাধানে x, y এবং z-এর নিম্নমান পাওয়া গেল x = 107.881, y = 35.4574 এবং z = 14.0085

বর্তমানে স্বীকৃত পাঃ গুরুত্ব: x = 107.88, y = 35.457, z = 14.008

ইহার পর, হনিগ্‌স্মিট (Honigschmid) এবং তাঁহার সহকর্মীরা আরও উন্নত বৈশ্লেষিক পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া সরাসরি সিলভার এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক-অনুপাত নির্ণয় করেন। উহাতেও রিচার্ডসের ফল সমর্থিত হয়।

**১-৮। আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়।** আণবিক গুরুত্ব স্থির করার জন্য বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন উপায় অবলম্বন করা হয়। পদার্থটি যদি গ্যাসীয় হয় অথবা সহজে বাষ্পীভূত হয়, তাহা হইলে উহার বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প হইতে প্রাপ্ত M = 2D প্রয়োগ করিলেই আঃ গুরুত্ব জানা যায়। আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতির বিশদ আলোচনা ভৌত-রসায়ন গ্রন্থে দেওয়া হইয়াছে। এখানে পদ্ধতিগুলির নাম উল্লেখ করা হইতেছে।

**(ক) গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র হইতে।** কোন সছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া গ্যাস যদি বাহির হইয়া আসে, তাহাকে বলা হয় গ্যাসের ব্যাপন (diffusion)। বিভিন্ন গ্যাসের এই ব্যাপন পরীক্ষা করিয়া গ্রাহাম প্রথমে দেখান যে গ্যাসের ব্যাপন-হার উহার ঘনত্ব-নির্ভর। তিনি একটি সূত্র আবিষ্কার করেন:

"নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ব্যাপন-হার (v) উহার ঘনত্বের (d) বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।"

অর্থাৎ, $v \propto 1/\sqrt{d}$, অথবা $v = k/\sqrt{d}$

একই প্রাচীরের ভিতর দিয়া অনুরূপ অবস্থায় দুইটি গ্যাসের ব্যাপন-হার বিচার করিলে,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}}, \quad (D_1, D_2, \text{ বাষ্পঘনত্ব})$$

কিন্তু $$D = \tfrac{1}{2}M, \quad \text{অতএব} \quad \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad (M_1, M_2, \text{ আণবিক গুরুত্ব})$$

পরীক্ষা করিয়া $v_1$, $v_2$ নির্ণয় করা যায়। এখন যদি দুইটি গ্যাসের একটির আঃ গুরুত্ব ($M_1$) জানা থাকে, তাহা হইলে অপরটির আণবিক গুরুত্ব ($M_2$) সহজেই জানা যাইবে।

**(খ) রেগোর প্রত্যক্ষ তোলন প্রণালী।** রেগো একটি তৌলদণ্ডের দুই বাহু হইতে দুইটি সমান বায়ুশূন্য ধাতব গোলক ঝুলাইয়া লইলেন এবং উহাদের ওজন সমান করা হইল। তৎপর একটি গোলক নির্দিষ্ট চাপ এবং উষ্ণতায় আলোচ্য গ্যাসদ্বারা ভরিয়া আবার ওজন

করিলেন। গ্যাসের ওজন জানা গেল। গোলকের আয়তনও, জল-পূর্ণ করিয়া ওজন করিলেই জানা সম্ভব। সুতরাং ঐ চাপে এবং উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব পাওয়া গেল। গ্যাসের ক্রান্তিতত্ত্ব হইতে জানা আছে,

$$Pv = \frac{g}{M} RT, \quad \text{অথবা, } M = \frac{g}{v} \cdot \frac{RT}{P} = \frac{d}{P} \cdot RT.$$

ডানদিকের সংখ্যাগুলি জ্ঞাত, সুতরাং M-এর মান বাহির হইবে।

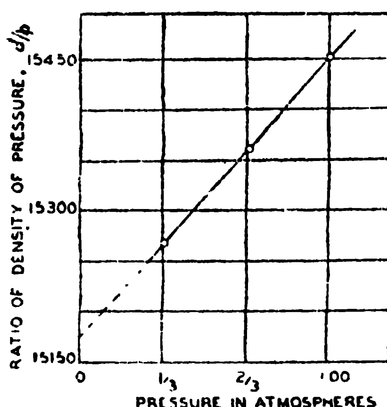
অধুনা স্বল্প গ্যাস লইয়া র‍্যামজের প্লব-তৌলতেও (Buoyancy balance) ঘনত্ব বাহির করা হয়।

**(গ) ভিক্টরমেয়র অথবা হফম্যান প্রণালী।** এই সকল পদ্ধতি উদ্বায়ী পদার্থের বাষ্পঘনত্ব বা আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে প্রয়োগ করা হয়। স্ফুটনাঙ্ক হইতে উচ্চতর তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পদার্থ লইয়া উহাকে বাষ্পীভূত করা হয়। সম্পূর্ণ বাষ্পটুকু সংগ্রহ করিয়া উহার আয়তন বাহির করাই প্রকৃত কাজ। চাপ এবং উষ্ণতাও জানিতে হইবে। ভিক্টর মেয়র প্রণালীতে উৎপন্ন বাষ্প সমায়তন বাতাসকে নিষ্কাশিত করিয়া দেয় এবং সেই বাতাস সংগ্রহ করিয়া আয়তন স্থির করা হয়। জলের উপর সংগৃহীত হইলে বাষ্প-চাপ জনিত সংশোধন দরকার। যেহেতু পদার্থটির ওজন (g) এবং আয়তন (v) পাওয়া গিয়াছে, ঘনত্ব সহজেই গণনা করা যায়। পূর্বোক্ত সমীকরণ প্রয়োগ করিয়া আণবিক গুরুত্ব বাহির করা হয়।

$$M = \frac{d}{P} RT.$$

এই সমীকরণটি আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। কিন্তু বাষ্পগুলি আদর্শ-ব্যবহার করে না, সেইজন্য উহার সংশোধন দরকার, বিশেষতঃ যেখানে অতিরিক্ত চাপে আয়তন মাপা হয়।

বিভিন্ন নিম্নচাপে ঘনত্ব নিরূপণ করিয়া, গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব (d/p) পাওয়া যায়। এই প্রমাণ ঘনত্ব (d/p) ভিন্ন ভিন্ন চাপে ঠিক এক হয় না। বিভিন্ন চাপে নিরূপিত প্রমাণ ঘনত্বগুলি (d/p) যদি চাপের সঙ্গে আলেখিত করা হয়, তবে একটি সরল রেখা পাওয়া যায়। এই সরল রেখাকে শূন্য চাপ পর্যন্ত প্রসারিত করিলে যে প্রমাণ ঘনত্ব পাওয়া যায়, উহাই বাষ্পের প্রকৃত সঠিক ঘনত্ব ( চিত্র ১ক )। ইহাকে বলা হয় চরম ঘনত্ব (Limiting density)। এই চরম ঘনত্ব হইতে উপরের সমীকরণ সাহায্যে প্রকৃত এবং নির্ভুল আঃ গুরুত্ব পাওয়া যায়।




চিত্র ১-ক। $d/p$ বনাম $P$

**(ঘ) লঘুদ্রবণের সংখ্যাগত ধর্ম হইতে** (from colligative properties of dilute solutions), যে সমস্ত পদার্থ উদ্বায়ী নয় তাহাদের আণবিক গুরুত্ব উহাদের লঘুদ্রবণের কোন কোন ধর্ম বিচার করিয়া স্থির করা হয়। দ্রবণের অভিসারক চাপ (osmotic-pressure)। বাষ্পচাপের অবনমন (Lowering of vapour pressure), স্ফুটনাঙ্কের উন্নয়ন অথবা হিমাঙ্কের অবনমন হইতে আণবিক গুরুত্ব মাপা যায়।

(অ) কোন দ্রবণের অভিসারক চাপ ($\pi$) সহজেই মাপা যায়। এই চাপের সঙ্গে দ্রবণের গাঢ়ত্বের (c) একটি সম্পর্ক আছে,

$$\pi = cRT = (g/Mv)RT \text{ অথবা, } M = gRT/(\pi v)$$

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করিয়া $T^\circ K$ তাপমাত্রায় দ্রবণের অভিসারক চাপ মাপিলেই আণবিক গুরুত্ব (M) জানা যাইবে।

(আ) জল বা কোন দ্রবণে পদার্থটি দ্রবিত করিলে দ্রাবকের বাষ্পচাপ হ্রাস পায়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাবকের এবং দ্রবণের বাষ্পচাপ যদি $p_0$ এবং p হয়, তাহা হইলে, দেখা গিয়াছে

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = n_2, \quad [\, n_2 = \text{দ্রাবকের গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ} \,]$$

যদি $x_2$ গ্রাম পদার্থ $x_1$ গ্রাম দ্রাবকে থাকে, তাহা হইলে, $n_2 = \dfrac{x_2/M_2}{x_1/M_1 + x_2/M_2}$,

($M_1$, $M_2$, দ্রাবক এবং দ্রাবের আঃ গুরুত্ব)।

$$\therefore \quad \frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{x_2/M_2}{x_1/M_1 + x_2/M_2}$$

দ্রাবক এবং দ্রবণের বাষ্পচাপ যথারীতি মাপিয়া লওয়া হয়। অতঃপর এই সমীকরণ-সাহায্যে পদাথটির আণবিক গুরুত্ব বাহির করা হয়।

(ই) কোন পদার্থের লঘু দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা উচ্চতর। এই উন্নয়ন দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর নিভর করে। দ্রাবের অর্থাৎ পদার্থের উপস্থিতির জন্য স্ফুটনাঙ্ক যদি $\triangle T^\circ$ বৃদ্ধি পায়, তাহা হইলে দেখা গিয়াছে।

$$\triangle T = k_b \cdot \frac{a \times 1000}{b \times M_2}, \; (M_2 = \text{দ্রাবের আণবিক গুরুত্ব}),$$

যখন b গ্রাম দ্রাবকে a গ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত থাকে। $k_b$ একটি ধ্রুবক; উহার মূল্য দ্রাবকের উপর নির্ভর করে। যেমন, জলের $k_b = 0.51$.

স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি নির্ণয় করিয়া এই সমীকরণে প্রয়োগ করিলেই আণবিক গুরুত্ব ($M_2$) বাহির হইবে।

(ঈ) পদার্থের লঘুদ্রবণের হিমাঙ্ক কিন্তু বিশুদ্ধ দ্রাবকের হিমাঙ্ক হইতে নিম্নতর। অর্থাৎ, স্ফুটনাঙ্কের বিপরীত। a গ্রাম দ্রাব ($M_2$ আণবিক গুরুত্ব) যদি b গ্রাম দ্রাবকে দ্রব করিয়া লওয়া হয় এবং উহার হিমাঙ্কের হ্রাস ($\triangle T^\circ$) মাপা হয়, তাহা হইলে দেখা যায়,

$$\triangle T = k_f \cdot \frac{a \times 1000}{b \times M_2}$$

$k_f$, একটি ধ্রুবক এবং উহা দ্রাবকের উপর নির্ভর করে। ইহাকে বলে 'হিমাঙ্ক-ধ্রুবক'। যেমন, জলের $k_f = 1.86$। অতএব, হিমাঙ্কের হ্রাস মাপিয়াই পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব জানা যায়।

আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের এই সকল প্রণালীগুলির বিস্তারিত যান্ত্রিক বিবরণ এবং পরিমাপ করার পদ্ধতিগুলির আলোচনা ভৌত-রসায়ন গ্রন্থে দেওয়া আছে।

পরিচ্ছেদ ২

# পরমাণুর গঠন : তেজস্ক্রিয়তা

**২-১। ডালটনের পরমাণুবাদ।** আধুনিক বিজ্ঞান যে কয়েকটি প্রধান ভিত্তির উপর রচিত হইয়াছে, পদার্থের গঠন সম্বন্ধে ডালটনের পরমাণুবাদ উহাদের অন্যতম। ঊনবিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে ডালটন (1803) পদার্থ কিভাবে গঠিত তাহা বিশ্লেষণ করেন। ইহাকেই বলা হয় ডালটনের পরমাণুবাদ। কিঞ্চিৎ সংশোধিত এই তত্ত্বটির তিনটি স্বীকার্য :

(১) মৌলিক পদার্থগুলি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিরেট কণার সমষ্টি। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অখণ্ডনীয় এবং ইহাদের 'পরমাণু' বা 'অ্যাটম' বলা হয়। (২) একই মৌলের সমস্ত পরমাণুগুলি ওজনে এবং ধর্মে অভিন্ন। বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন। (৩) বিভিন্ন মৌলের এক বা একাধিক পরমাণুর সুনির্দিষ্ট সমাবেশে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে এবং যৌগের ক্ষুদ্রতম অংশের সৃষ্টি হয়।

ইহার পর অ্যাভোগাড্রো (1811) প্রথমে দেখান যে স্বাধীন অস্তিত্বসম্পন্ন যৌগ বা মৌলের ক্ষুদ্রতম অংশ 'অণু'। উহাতে পদার্থের সমস্ত গুণ বর্তমান। অণুগুলি আবার অবিভাজ্য পরমাণুর দ্বারা গঠিত। মৌলের অণুতে এক বা একাধিক পরমাণু থাকে। যৌগের অণুতে দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণু থাকে। রাসায়নিক বিক্রিয়াতে মৌলের যে অবিভাজ্য কণা অংশগ্রহণ করে তাহাই পরমাণু।

বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে নানা রকম পরীক্ষালব্ধ তথ্যের ফলে ডালটনের পরমাণুবাদের অনেক পরিবর্তন করা প্রয়োজন হইয়াছে। প্রথমতঃ, পরমাণুকে আর অবিভাজ্য মনে করা যায় না। এখন প্রমাণিত হইয়াছে সমস্ত পরমাণুই ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন— এই তিন রকমের আদি কণার সমন্বয়ে উদ্ভূত। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুতে এই আদি-কণাগুলি বিভিন্ন অনুপাতে আছে মাত্র। সমস্ত পদার্থের মূলে এই সকল আদি-কণা। দ্বিতীয়তঃ, কোন মৌলের সমস্ত পরমাণুগুলি ধর্মে বা গুণে ফলতঃ অভিন্ন হইলেও উহাদের সবগুলির ওজন এক নাও হইতে পারে।

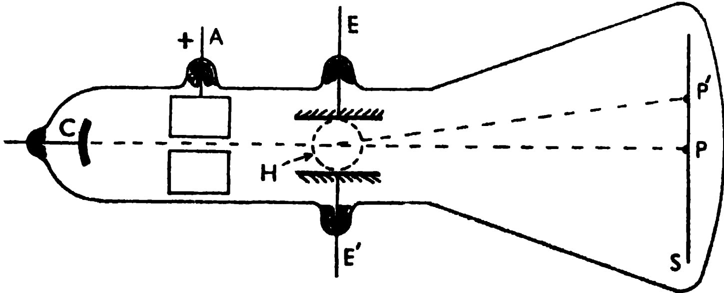
এই সকল পরিবর্তন সত্ত্বেও ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যেই আজও সমস্ত রকম রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং পদার্থের গুণাগুণ বিচার করা সম্ভব।* কোন মৌলের ধর্ম বাস্তবিক উহার পরমাণুর ধর্ম। পরমাণুর বিভাজনে যে আদি-কণা পাওয়া যায় তাহাদের বিশিষ্ট ধর্ম আছে বটে, তবে তদ্দ্বারা মৌলের বা পরমাণুর ধর্ম জানা যায় না। রাসায়নিক বিক্রিয়াতে পরমাণুর পরিবর্তন ঘটে না—পরমাণুগুলির সমাবেশের পরিবর্তন ঘটে মাত্র।

**২-২। গ্যাসে বিদ্যুৎক্ষরণ : ইলেকট্রন।** বিজ্ঞানী জে. জে. টমসন (1898) গ্যাসের ভিতরে বিদ্যুৎ পরিচালনা করিয়া এক বিস্ময়কর ফল পাইলেন। খুব লঘু চাপে (0.001 মিমি চাপে) একটি কাচের আবদ্ধ পাত্রে কোন গ্যাস লইয়া উহাতে দুইটি তড়িৎ-দ্বার

---

* নিউক্লিয়াস বা পারমাণবিক বিভাজন-জনিত বিক্রিয়া ব্যতিরেকে।

প্রবেশ করাইয়া দিলেন। যথেষ্ট তাড়িত বিভব প্রয়োগ করিলে তড়িৎ-দ্বার দুইটির ভিতর বিদ্যুৎ-মোক্ষণ হয় এবং ক্যাথোড হইতে সোজাসুজি এক রশ্মি নির্গত হইয়া আসে। কোন বাধা না থাকিলে উহা ক্যাথোডের বিপরীত দিকের কাচের উপর গিয়া পড়ে এবং সেখানে প্রতিপ্রভার (fluorescence) বিকিরণ দেখা যায়। কাচের উপর ZnS প্রলিপ্ত থাকিলে প্রতিপ্রভা আরও উজ্জ্বল হয়।




চিত্র ২-ক। টমসনের ক্যাথোডরশ্মি যন্ত্র

যে যন্ত্রে এই পরীক্ষা করা হয় তাহার মোটামুটি ধারণা চিত্র-২ ক হইতে পাওয়া যাইবে। অ্যানোড (A) এবং ক্যাথোড (C)-এর মধ্যে বিদ্যুৎমোক্ষণ হয়। ক্যাথোড হইতে রশ্মি বাহির হইয়া সোজাসুজি সরু ছিদ্রপথের মধ্য দিয়া গিয়া অপর প্রান্তে P অংশকে প্রতিপ্রভ করে। এই অদৃশ্য রশ্মি ফটোগ্রাফের প্লেটকে আক্রমণ করে। তদুপরি কোন তড়িৎক্ষেত্র অথবা চুম্বকক্ষেত্রের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিলে এই রশ্মি নিজের পথ হইতে বাঁকিয়া যায়। ইহাতে বোঝা গেল এই রশ্মি বস্তুতঃ অতিক্ষুদ্র কণা-প্রবাহ। তড়িৎক্ষেত্রে উহাদের বিক্ষেপের ধরন (nature of deflection) হইতে আরও জানা গেল, এই কণাগুলি অপরা-বিদ্যুৎসম্পন্ন। এই অদৃশ্য রশ্মির আরও অনেক বিস্ময়কর ধর্ম দেখা গেল। যেমন,

(১) এই রশ্মি ক্যাথোড হইতে লম্বভাবে বাহির হইয়া প্রবলবেগে অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয় এবং গতিপথে কোন কঠিন বস্তু থাকিলে তাহার প্রতিচ্ছায়া সৃষ্টি করে।

(২) রশ্মির পথে কোন পাখাযুক্ত ছোট চাকা থাকিলে রশ্মির আঘাতে উহা ঘুরিতে থাকে, অর্থাৎ রশ্মি হইতে যান্ত্রিক শক্তি পাওয়া সম্ভব।

(৩) যে বস্তুর উপর রশ্মি আপতিত হয় তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়।

(৪) গ্যাসের ভিতর দিয়া রশ্মি অতিক্রম করিলে গ্যাস ধনাত্মক-আধানে আয়নিত হইয়া থাকে।

**এই রশ্মির নাম দেওয়া হইল ক্যাথোড-রশ্মি এবং উহার অপরা-বিদ্যুৎসম্পন্ন কণাগুলিকে বলা হইল ইলেকট্রন। যে কোন গ্যাস হইতে একই ইলেকট্রন-রশ্মি নির্গত হইতে দেখা যায় এবং তাহা ক্যাথোডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না। অতএব, "ইলেকট্রন নামীয় এই জাতীয় না-ধর্মী কণা সমস্ত পরমাণুরই একটি সাধারণ উপাদান।" ঋণাত্মক তড়িৎবাহী ক্ষুদ্রতম কণা ইলেকট্রন।**

**২-৩। ইলেকট্রনের e/m এবং গতিবেগ।** ইলেকট্রন না-ধর্মী তড়িৎ-কণা। মনে কর, প্রত্যেকটি কণার ভর (m) এবং বৈদ্যুতিক আধান (e)। উপরের বর্ণিত টমসনের যন্ত্রের সাহায্যে এই কণার e/m বাহির করা হইয়াছে। রশ্মির উপরে দুইটি প্লেটের

(E, E′) দ্বারা এক শক্তিশালী তাড়িত-ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলে রশ্মিটি বাঁকিয়া P হইতে P′ বিন্দুতে উপস্থিত হয়। (চিত্র ২ক) যদি তড়িত ক্ষেত্রের বল X হয় তাহা হইলে ইলেকট্রনের উপর আরোপিত শক্তি $= Xe$। যন্ত্রটি হইতে মাপিয়া বাঁকানো রশ্মির ব্যাসার্ধ (r) সহজেই জানা যায়। বাঁকানোর ফলে কেন্দ্রাতিগ শক্তি $= mv^2/r$, ( $v =$ ইলেকট্রনের গতিবেগ )।

$$\therefore \quad Xe = mv^2/r \qquad \ldots(\text{ক})$$

এখন তড়িৎ-ক্ষেত্র বর্তমানেই রশ্মির উপর H-শক্তির একটি চুম্বকীয় ক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয়। এই চৌম্বকক্ষেত্র এমন ভাবে দেওয়া হয় যাহাতে একই তলে তাড়িত ক্ষেত্রের বিপরীত ক্রিয়া হয়। H এবং X এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে রশ্মির গতিপথ অপরিবর্তিত থাকে। চৌম্বক-ক্ষেত্র জনিত ইলেকট্রনের উপর শক্তির পরিমাণ, $Hev$।

এই অবস্থায় $Xe = Hev$, অথবা $v = X/H$ ...(খ)

সমীকরণ (ক) হইতে, $Xe = mv^2/r = m/r.(X/H)^2$

অর্থাৎ $e/m = X/(rH^2)$

যেহেতু, X, H এবং r জানা আছে, e/m-এর মূল্য জানা যায়।

$e/m = 5.274 \times 10^{17}$ ই.এস.ইউ/গ্রাম, ( 1 ই.এস.ইউ. $= 3 \times 10^9$ কুলম্ব)

$= 1.759 \times 10^8$ কুলম্ব/গ্রাম

**২-৪। ইলেকট্রনের আধান (e) এবং ভর (m)।** ইহার পর পৃথকভাবে ইলেকট্রনের আধান নির্ণয় করার প্রচেষ্টা সুরু হইল। এই প্রসঙ্গে মিলিকানের (Millikan, 1909, 1913) পরীক্ষাই বিশেষ উল্লেখযোগ্য। তাঁহার যান্ত্রিক ব্যবস্থার একটি ছবি ২খ চিত্রে দেওয়া হইল। একটি প্রায় শূন্যচাপ প্রকোষ্ঠে সূচীযন্ত্রের সাহায্যে অতি সামান্য একটু তেল অতিসূক্ষ্ম কণিকার আকারে প্রবেশ করান হয়। এই প্রকোষ্ঠের নীচে দুইটি সমান্তরাল প্লেট (X, Y) থাকে। কালক্রমে দুই একটি সূক্ষ্ম তৈলকণিকা ছিদ্রপথ দিয়া ঐ প্লেট দুইটির মধ্যে প্রবেশ করে। একটি দূরবীনের সাহায্যে উহার গতিবিধি লক্ষ্য করা হয়। প্রথমে, তৈল-কণিকাটি নিজের ভারবশতঃ (mg) নীচের দিকে পড়িতে থাকিবে। দূরবীনের স্কেল এবং একটি বিরাম-ঘড়ির সাহায্যে উহার গতিবেগ ($v_1$) মাপা হয়। এখন ক্ষণিকের জন্য একটু রঞ্জনরশ্মি প্লেটদুইটির মধ্যস্থলে পাঠাইয়া সেখানকার সামান্য গ্যাসের অণুগুলিকে আয়নিত করা হয়। ইহার পরেই, উপরের প্লেটটিকে (X) এক শক্তিশালী বিদ্যুৎ-উৎসের পরাপ্রান্তে জুড়িয়া উহাতে এক হাঁ-ধর্মী বিভব প্রয়োগ করা হয়। ফলে, তৈলকণিকাটি এখন উপরের

চিত্র ২-খ। মিলিকানের যন্ত্র

দিকে উঠিতে থাকে। পূর্বোক্ত উপায়েই উর্ধ্বগতির বেগও ($v_2$) মাপা হয়। তৈলবিন্দুটিতে অবশ্যই না-ধর্মী আধান সঞ্চারিত হইয়াছে। এই আধান বায়ুর আয়নসৃষ্টির ফলেই তৈলবিন্দুতে আসিয়াছে। যে বলের জন্য উহা উপরের দিকে উঠে, তাহার পরিমাণ $= E.e' - mg$। ( E প্রযুক্ত তড়িৎ-ক্ষেত্রের বিভব, $e'$ তৈলকণার আধান)

$$\text{অতএব,}\quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{mg}{Ee' - mg}\,;\quad \text{অথবা}\quad e' = \frac{mg}{E}\left(\frac{v_1 + v_2}{v_1}\right)$$

সুতরাং যে কোন সময়ে তৈলকণার আধান ($e'$) জানা যায়।

কণিকাটি বেশ উপরে আসিলে উপরের প্লেটটিকে বিভবমুক্ত করা হয়, তখন তৈলবিন্দু নিজের ভারে পূর্বতন $v_1$ বেগে নীচের দিকে পড়িতে থাকে। এইরূপ বহুবার ঐ তৈল-বিন্দুকে উপরে-নীচে আসা-যাওয়া করাইয়া দেখা যায়, $v_1$ এক হইলেও, $v_2$ অর্থাৎ উর্ধ্বগতির বেগ বিভিন্ন হয়। সুতরাং $e'$ -এর পরিমাণ বিভিন্ন হইতে পারে, যথা $e^1, e^2, e^3$ ইত্যাদি। দেখা গেল, আয়ন-সংগ্রহের ফলে তৈলবিন্দুর আধান এক নির্দিষ্ট পরিমাণে বা উহার সরল গুণিতকে পরিবর্তিত হয়। এবং তৈলকণার আধানমাত্রই ঐ নির্দিষ্ট পরিমাণের সরল গুণিতক (simple multiple)। যে নিম্নতম পরিমাণে এই বৈদ্যুৎ-আধান পরিবর্তিত হয় তাহাকেই একটি ইলেকট্রনের আধান বলিয়া গণ্য করা হইল। উহার মোটামুটি পরিমাণ,

$$e = 4.8 \times 10^{-10}\,\text{e.s.u.} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{কুলম্ব}$$

পূর্বে পাওয়া গিয়াছে, $e/m = 1.76 \times 10^8$ কুলম্ব

$\therefore$ ইলেকট্রনের ভর $m_e = (1.6 \times 10^{-19})/(1.76 \times 10^8)$

$= 9.1 \times 10^{-28}$ গ্রাম

আবার, 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন $= 1.008$ গ্রাম

$\therefore$ একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন

$$m_H = 1.008/(6.02 \times 10^{23}) = 1.6736 \times 10^{-24}\ \text{গ্রাম}$$

$$\therefore\ m_H/m_e = \frac{1.6736 \times 10^{-24}}{9.1 \times 10^{-28}} \approx 1835$$

অর্থাৎ ইলেকট্রনের ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় নগণ্য।

ক্যাথোড-রশ্মির ধর্ম পর্যালোচনার সময় আমরা দেখিয়াছি ইলেকট্রন ঋণাত্মক কণা-বিশেষ, অর্থাৎ ইলেকট্রনে কণাধর্ম বিদ্যমান (particle properties)। কিন্তু আবার ইলেকট্রনের কতকগুলি ধর্ম পরিলক্ষিত হয় যাহাতে ইলেকট্রনের তরঙ্গ-প্রকৃতি স্বীকার না করিয়া পারা যায় না। যেমন, আলোর রশ্মির মত ক্যাথোডরশ্মি বিবর্তিত (diffracted) হইতে পারে। কেলাসের পৃষ্ঠতল হইতে ইলেকট্রন রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া বিবর্তন-প্রতিরূপ (diffraction pattern) সৃষ্টি করে। তরঙ্গ-ধর্ম না থাকিলে ইলেকট্রন ইহা কখনও করিতে সক্ষম হইত না। ডি. ব্রগলি, ডেভিসন প্রভৃতি বিজ্ঞানীরা প্রমাণ করিয়াছেন, ইলেকট্রনে যুগপৎ কণা-ধর্ম এবং তরঙ্গ-ধর্ম রহিয়াছে।

২-৫। পরারশ্মি (Positive ray) এবং প্রোটন। আয়নিত হইলে সমস্ত রকমের পরমাণু হইতে একই না-ধর্মী ইলেকট্রন উদ্ভূত হয়। কিন্তু পরমাণুগুলি তড়িৎ-নিরপেক্ষ, অতএব পরমাণুর মধ্যে পরাবিদ্যুৎধর্মী কণা থাকিতেই হইবে।

হাইড্রোজেনের পরমাণু লঘুতম। উহা আয়নিত হইলে ইলেকট্রন বিচ্যুত হইয়া যায় এবং একটি পরাধর্মী কণার সৃষ্টি হয়। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে প্রোটন (Proton)। ইহার বৈদ্যুৎ-আধান পরাধর্মী বটে কিন্তু পরিমাণে ইলেকট্রনের আধানের সমান। ইহার ভর কিন্তু প্রায় হাইড্রোজেনের পরমাণুর ভরের সমান। একটি প্রোটন এবং একটি ইলেকট্রনের সমন্বয়ে হাইড্রোজেন পরমাণু গঠিত।

গোল্ডস্টাইনের পরীক্ষা হইতে আরও দেখা গেল, ক্যাথোড-রশ্মি-যন্ত্রে যদি সচ্ছিদ্র ক্যাথোড ব্যবহার করা যায়, তাহা হইলে সেই ছিদ্রের ভিতর দিয়া পরাধর্মী কণার প্রবাহ ছুটিতে থাকে। এই প্রবাহ ইলেকট্রন-রশ্মির বিপরীতমুখী। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে পরা-রশ্মি ( চিত্র ২এ )। তাড়িৎ বা চুম্বকীয় ক্ষেত্রে এই রশ্মিও বাঁকাপথে যায়। এই রশ্মির কণাগুলি পরাধর্মী। বিভিন্ন পরমাণু-উদ্ভূত এই পরাধর্মী কণাগুলি বিভিন্ন। পরাবিদ্যুৎমাত্রা এক হইলেও উহাদের ভর এক নয়। সাধারণ অবস্থায় প্রোটন অপেক্ষা লঘুতর কোনও পরাধর্মী কণা দেখা যায় নাই।

ইলেকট্রনের বিদ্যুৎ-আধান খুবই কম। একটি ইলেকট্রনের বিদ্যুৎ-আধানের পরিমাণকে "ইলেকট্রনীয় বিদ্যুৎ-একক" বলা হয়। অর্থাৎ ইলেকট্রনে একমাত্রা ইলেকট্রনীয় বিদ্যুৎভার আছে। প্রোটনে একমাত্রা পজিটিভ ইলেকট্রনীয় বিদ্যুৎভার আছে। কোন কণার বিদ্যুৎভার অতঃপর এই ইলেকট্রনীয় এককেই (e) দেওয়া হইবে।

২-৬। নিউট্রন (Neutron)। জোলিও-কুরী দম্পতি (1931) এবং চ্যাডউইক (Chadwick, 1932) দেখিলেন যে তেজস্ক্রিয়াজাত আল্‌ফা-রশ্মি (অনুচ্ছেদ ২-৭) দ্বারা যদি আঘাত করা যায় তাহা হইলে বেরিলিয়াম হইতে এক নতুন জাতের কণা বাহির হইয়া আসে। এই কণাগুলির কোন তড়িৎ-আধান নাই এবং উহাদের ওজন প্রোটন বা হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান। তাড়িত বা চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন প্রভাব ইহাদের উপর নাই। এই কণাগুলির নাম দেওয়া হইল নিউট্রন। কেবল বেরিলিয়াম নয়, সমস্ত পরমাণুতেই এই নিউট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইল। একমাত্র হাইড্রোজেনের সাধারণ পরমাণুতে কোন নিউট্রন নাই। অতএব বলা যায়, 'প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রন'—এই তিন রকম আদি-কণা হইতেই সমস্ত পরমাণু গঠিত। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুতে উহাদের সংখ্যার তারতম্য আছে মাত্র। কিন্তু সর্বদাই যে কোন পরমাণুতে ইলেকট্রন এবং প্রোটনের সংখ্যা সমান হইবে। তিন প্রকার কণার বৈশিষ্ট্য :

| কণা— | প্রোটন | নিউট্রন | ইলেকট্রন |
|---|---|---|---|
| ভর | 1.007276 | 1.008665 | 0.000548 |
| আধান | +1 e | 0 | −1 e |

[$O^{16}$=16.0000, e = $1.6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব]

পারমাণবিক ভরের একক, 1 amu (atomic mass unit)।

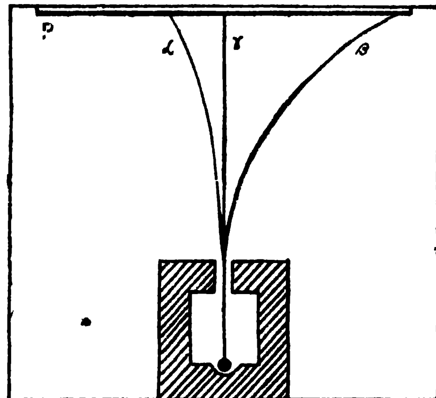
প্রোটন ও নিউট্রনগুলি পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে ঠাসাঠাসি করিয়া থাকে। সেখানে নানা বিচিত্র অবস্থায় স্বল্প ক্ষণস্থায়ী বিভিন্ন কণার উদ্ভব হয় এবং লয় পায়, এইরূপ প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। মেসন, পজিট্রন, আলোক-কণা, ফোটন প্রভৃতি নানারূপ কণার নিরন্তর

সৃষ্টি ও ধ্বংস হইতেছে। উহাদের স্থায়িত্ব নিতান্তই কম। সেইজন্য উল্লিখিত তিন রকম কণাদ্বারাই পরমাণু গঠিত ধরা যায়।

ইলেকট্রনের মত প্রায় ভরহীন কিন্তু এক একক পরাবিদ্যুৎমাত্রার কণাই হল পজিট্রন ($_{+1}^{0}e$)। অ্যাণ্ডারসন (1932) প্রমাণ করেন মহাজাগতিক রশ্মির সহিত গ্যাসীয় অণুর সংঘর্ষের ফলে এই ক্ষণস্থায়ী কণার উদ্ভব ঘটে। ইলেকট্রনের সঙ্গে ইহার ধাক্কার ফলে উভয়ে বিলীন হইয়া দুইটি ফোটন সৃষ্টি করে।

২-৭। তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity)। বেকরেল (Becquerel, 1896) দেখিতে পাইলেন ইউরেনিয়াম বা উহার যে কোন যৌগ হইতে বিশেষ এক ধরনের রশ্মি স্বতঃই বিচ্ছুরিত হয়। এই রশ্মি কাগজের মোড়ক ভেদ করিয়াও ফটোগ্রাফীর প্লেট আক্রমণ করে। পদার্থের এই রশ্মি-বিকিরণের নাম দেওয়া হইল তেজস্ক্রিয়তা (radioactivity). যে সকল মৌলে এই ধর্ম বিদ্যমান তাহাদের 'তেজস্ক্রিয় মৌল' বলা হইল। এই রশ্মি-বিকিরণ ঐসব মৌলের পরমাণুর এক বিশেষ ধর্ম। এই পরমাণুর সহিত অন্যান্য পরমাণুর উপস্থিতি বা সংযোগে এই বিকিরণ আদৌ প্রভাবিত হয় না। এইজন্য বলা হয়, "তেজস্ক্রিয়তা একটি পারমাণবিক এবং পরমাণু-কেন্দ্রীয় ঘটনা।" তেজস্ক্রিয় পরমাণু হইতে রশ্মি বাহির হইয়া যাওয়াতে পরমাণুটি ভাঙ্গিয়া যায় এবং নূতন মৌলের সৃষ্টি হয়। তেজস্ক্রিয়তা অপরাবর্ত্য প্রক্রিয়া এবং উহাতে সাধারণ বিক্রিয়াতে যে তাপ উৎপন্ন হয় তাহার চেয়ে অনেক বেশী শক্তি উৎপন্ন হয় [ $10^9$ কালোরি / মোল ]। অনতিকাল মধ্যেই কুরী-দম্পতি পিচব্লেণ্ড খনিজ হইতে পলোনিয়াম এবং রেডিয়াম মৌলদ্বয় আবিষ্কার করেন। দেখা গেল, উহাদের তেজস্ক্রিয়তা ইউরেনিয়াম অপেক্ষা ২০ লক্ষ গুণ বেশী। ইহার পরে আরও বহু তেজস্ক্রিয় মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে এবং কৃত্রিম উপায়েও অনেক তেজস্ক্রিয় মৌল সৃষ্টি করা সম্ভব হইয়াছে। স্বাভাবিক অবস্থায় প্রকৃতিতে পলোনিয়াম, র‍্যাডন, রেডিয়াম, অ্যাক্টিনিয়াম, থোরিয়াম, প্রোটোঅ্যাক্টিনিয়াম এবং ইউরেনিয়াম পাওয়া যায়।

তেজস্ক্রিয়াজাত রশ্মি তিন প্রকারের : (১) $\alpha$-(আল্‌ফা) রশ্মি (২) $\beta$-(বীটা) রশ্মি এবং (৩) $\gamma$-(গামা) রশ্মি। একটি চুম্বকক্ষেত্র প্রয়োগ করিলে এই রশ্মিগুলি তিন ভাগে বিভক্ত হইয়া যায় (চিত্র ২-গ)। উহাদের একাংশ মোটেই প্রভাবিত হয় না, ইহা $\gamma$-রশ্মি। কিন্তু অপর অংশের খানিকটা ডানদিকে এবং খানিকটা বাঁদিকে বাঁকিয়া যায়। শেষোক্ত দুইটি রশ্মি অবশ্যই বিদ্যুৎবাহী কণা-




চিত্র ২-গ। চুম্বকক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয় রশ্মি

প্রবাহ। একাংশে হাঁ-ধর্মী বা পজিটিভ কণা রহিয়াছে, উহাই $\alpha$-রশ্মি। অপরাংশে না-ধর্মী বা নেগেটিভ কণা থাকে, উহা $\beta$-রশ্মি। $\gamma$-রশ্মিতে কোন কণা নাই, উহা তরঙ্গবিশেষ।

$\alpha$-, $\beta$- এবং $\gamma$-সমস্ত রশ্মিই ফটোগ্রাফীর প্লেট আক্রমণ করে। কোন গ্যাসের ভিতর দিয়া গেলে উহারা সকলেই গ্যাসকে আয়নিত করে। এই আয়নিত করার ক্ষমতা $\alpha$-রশ্মির সমধিক। সব রকম রশ্মিরই কঠিন বস্তুর ভিতর দিয়া যাওয়ার ক্ষমতা আছে। এই বেধন-ক্ষমতা $\gamma$-রশ্মির সর্বাধিক এবং $\alpha$-রশ্মির সর্বাপেক্ষা কম।

$\gamma$-রশ্মি: ইহাতে কোন কণা নাই, কেবল তরঙ্গপ্রবাহ। রঞ্জনরশ্মি অপেক্ষাও $\gamma$-রশ্মির তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য কম, সুতরাং উহাদের শক্তি অনেক বেশী। কঠিন বস্তু ভেদ করিয়াও উহাবা যাইতে পারে, এমন কি ছয় ইঞ্চি পুরু সীসাও উহা অতিক্রম করিয়া যায়।

$\beta$-রশ্মি: এই রশ্মির অপরাধর্মী কণাগুলি ইলেকট্রন ছাড়া আর কিছুই নয়। এই কণাগুলির আধান, ভর এবং অন্যান্য ধর্ম সবই ইলেকট্রনের সমান। কেবলমাত্র ইহাদের গতিবেগ অনেক ক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মির ইলেকট্রনের বেগ অপেক্ষা অধিক।

$\alpha$-রশ্মি: ইহার কণাগুলি পরাধর্মী। বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হইয়াছে, প্রতি $\alpha$-কণাতে পরাবিদ্যুতের দুইটি একক আছে আর এই $\alpha$-কণাগুলির ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর চারগুণ। $\alpha$-রশ্মি সম্পর্কে রাদারফোর্ড এবং রয়েডস্ একটি বিশেষ পরীক্ষা করেন। তেজস্ক্রিয় মৌল র‍্যাডন-গ্যাস হইতে $\alpha$-রশ্মি স্বতঃ-বিচ্ছুরিত হয়। একটি পাতলা কাচের নলে (A) খানিকটা র‍্যাডন-গ্যাস উহারা সংগ্রহ করিলেন (চিত্র ২-ঘ)। এই গ্যাস হইতে যে $\alpha$-রশ্মি নির্গত হইল তাহা পাতলা কাচ ভেদ করিয়া বাইরের একটি পুরু কাচের নলে (B) শূন্য চাপে জমা হইল। এই সংগৃহীত $\alpha$-কণার মধ্যে একবার বিদ্যুৎক্ষরণ করিয়া তৎপর উহার বর্ণালী গ্রহণ করা হইল। এই বর্ণালী-চিত্রে দেখা গেল উহাতে কেবল হিলিয়াম-গ্যাস আছে। অতএব $\alpha$-কণাগুলি বস্তুতঃ ইলেকট্রন বিচ্যুত হিলিয়ামের হাঁ-ধর্মী অংশ ছাড়া আর কিছু নয়। অর্থাৎ $\alpha$-কণা, $^{4}_{2}He$)

C
B
A

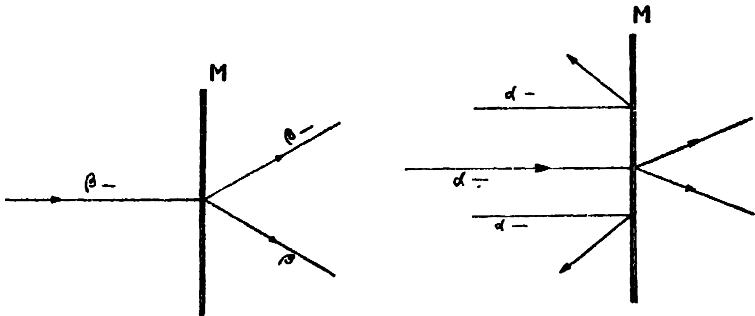
চিত্র ২-ঘ। $\alpha$-কণা হইতে হিলিয়াম

তেজস্ক্রিয়তার অস্তিত্ব ও উহার পরিমাণ নির্ণয়ে (ক) স্পিনথারিস্কোপ (spinthariscope) ব্যবহার হয়। ZnS-পর্দায় $\alpha$-কণার আঘাতে আলোর স্ফুরণ হইতে উহা জানা যায়। (খ) গাইগার-মুলার গণক-যন্ত্রে (Geiger-Muller counter) বাষ্পের ভিতর দিয়া $\alpha$- অথবা $\beta$-কণা পরিচালিত হইলে উহার ছবি হইতে উহা ধরা যায়।

**২-৮। পরমাণুর নিউক্লিয়াস : রাদারফোর্ডের ধারণা।** ক্যাথোড-রশ্মি এবং বীটা-রশ্মি উভয়েই পরমাণুসঞ্জাত এবং উভয়েতেই ইলেকট্রন আছে। তাছাড়া, অত্যন্ত উচ্চ তাপ-মাত্রায় অনেক ধাতু হইতে ইলেকট্রন বাহির হইতে থাকে। অতএব, ইলেকট্রন যে প্রত্যেক পরমাণুর একটি উপাদান তাহা নিঃসন্দেহে। পরন্তু পরমাণুর বিদ্যুৎ-মাত্রা নাই, সুতরাং উহাতে ধনাত্মক কণা থাকিতেই হইবে। তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে $\alpha$-রশ্মির বিকীরণ তাহার একটি প্রমাণ। অতঃপর রাদারফোর্ডের পরামর্শে বিভিন্ন তেজস্ক্রিয় কণার দ্বারা ধাতব পাত আঘাত করিয়া আরও তথ্য জানা গেল।

খুব পাত্‌লা ধাতুর পাতের উপর $\beta$-রশ্মি প্রয়োগ করিলে উহারা ধাতুর পাত ভেদ করিয়া চতুর্দিকে ছড়াইয়া যায় (চিত্র ২.ঙ)। সহজেই বোঝা গেল, পরমাণুর মধ্যে যে সমধর্মী ইলেকট্রন আছে উহাদের বিকর্ষণেই এই $\beta$-কণাগুলি চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হয়।

ইহার পর গাইগার এবং মার্সডেন একটি পাতলা সোনার পাতের উপর $\alpha$-রশ্মির বিক্ষেপণ কবিয়া আশ্চর্য ফল পাইলেন। $\beta$-রশ্মির মতই অধিকাংশ $\alpha$-কণা ধাতুর পাত অতিক্রম করিয়া বিভিন্ন দিকে বিক্ষিপ্ত হয় (চিত্র ২-চ)। অবশ্য অতিরিক্ত




চিত্র ২-ঙ। $\beta$-রশ্মির বিক্ষেপণ চিত্র ২-চ। সোনার পাতের উপর $\alpha$-রশ্মির বিক্ষেপণ

ভারবশতঃ এই বিচ্ছুরিত $\alpha$-কণাগুলির বক্রতা অপেক্ষাকৃত কম। কিন্তু সংখ্যায় খুব কম হইলেও (1 in 20000) কিছু কিছু $\alpha$-কণা ধাতুটিকে আঘাত করিয়া অত্যন্ত বাঁকিয়া যায়, এমন কি কোন কোনটি একেবারে ফিরিয়া আসে। অতএব পরমাণুর ভিতরে এমন কিছু আছে যাহার সান্নিধ্যে আসিলে এইরূপ ভারী $\alpha$-কণারও বিকর্ষণ ঘটে এবং ফিরিয়া আসিতে হয়। পরমাণুর মধ্যস্থিত ধনাত্মক কণাই যে এই বিকর্ষণের হেতু সন্দেহ নাই। এই সকল ফলাফল হইতে অঙ্কের সাহায্যে রাদারফোর্ড প্রমাণ করিয়া দিলেন যে, "পরমাণুর অভ্যন্তরে সমস্ত ধনাত্মক কণাগুলি একত্র পুঞ্জীভূত হইয়া আছে একটি অত্যন্ত ক্ষুদ্র-পরিসরে।" ইহার নাম হইল পরমাণু-কেন্দ্রক বা নিউক্লিয়াস (Nucleus)। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর এবং সম্পূর্ণ ধনাত্মক আধান এই নিউক্লিয়াসে রহিয়াছে। আর ইলেকট্রনগুলি রহিয়াছে নিউক্লিয়াসের বাহিরে। নিউক্লিয়াসের আধান এবং ইলেকট্রনের মোট আধান সমান। নিউক্লিয়াসের ব্যাস মোটামুটি $10^{-13}$ সেঃমিঃ আর পরমাণুর $10^{-8}$ সেঃমিঃ, অর্থাৎ দশহাজার গুণ। সুতরাং পরমাণু নিরেট নয়, উহার মধ্যেকার অধিকাংশ স্থান ফাঁকা। পরমাণুর এইরূপ চিত্র রাদারফোর্ডের কল্পনা।

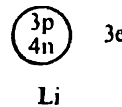
হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব এক। অতএব উহার নিউক্লিয়াসের ওজনও এক হইবে এবং উহার বিদ্যুৎ-আধান পরাবিদ্যুতের একক। ইহাকে আমরা পূর্বেই বলিয়াছি প্রোটন। সুতরাং হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন এবং উহার বাহিরে একটি ইলেকট্রন আছে।



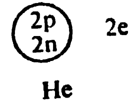

হাইড্রোজেন পরমাণু

অন্যান্য পরমাণুর কেন্দ্রের নিউক্লিয়াসে একাধিক প্রোটন পুঞ্জীভূত হইয়া আছে। যেমন কার্বনের নিউক্লিয়াসের আধান 6, উহার বাহিরে ইলেকট্রন সংখ্যা 6। কিন্তু কার্বন পরমাণুর পারমাণবিক গুরুত্ব, 12। সচরাচর নিউক্লিয়াসের আধানের সংখ্যা তথা প্রোটনের সংখ্যা উহার পারমাণবিক গুরুত্বের অর্ধেক বা তদপেক্ষা কম। পরমাণুর ভর পূর্ণ করিতে হইলে অন্য কোন ভারী কণার অস্তিত্ব প্রয়োজন।

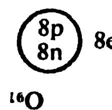
পরবর্তীকালে যখন বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ নিউট্রন-কণার অস্তিত্ব জানা গেল, তখন বোঝা গেল যে নিউক্লিয়াসে প্রোটন এবং নিউট্রনগুলি একত্র ঠাসা-ঠাসি করিয়া আছে। আর উহার বাহিরে প্রোটনের সমসংখ্যক ইলেকট্রন রহিয়াছে। এখানে কয়েকটি পরমাণুর উপাদান-কণাগুলির সংখ্যা দেখান হইল।



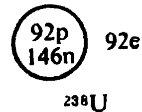
Li



He



$^{16}O$



$^{238}U$

বিভিন্ন পরমাণু

পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রোটন-সংখ্যাই পরমাণুকেন্দ্রের পরাবিদ্যুতের পরিমাণ। নিউক্লিয়াসের পরাবিদ্যুত এককের সংখ্যা তথা প্রোটন-সংখ্যাকেই সেই মৌলের **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক** (atomic number) বলা হয়। যেমন, কার্বনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 6, আর ইউরেনিয়ামের 92। এই পরমাণু ক্রমাঙ্কই মৌলের নির্দিষ্ট পরিচয়। প্রত্যেক মৌলের ক্রমাঙ্ক [অর্থাৎ নিউক্লিয়াসের পরাবিদ্যুৎভার] নির্দিষ্ট। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিভিন্ন হইলে মৌলগুলিও বিভিন্ন হইবেই। দুইটি বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক কখনও এক হইতে পারে না।

পরমাণুর ভর বস্তুতঃ নিউক্লিয়াসের ভর, কারণ ইলেকট্রনের ওজন নগণ্য। নিউ-ক্লিয়াসে যদি Z-সংখ্যক প্রোটন এবং N-সংখ্যক নিউট্রন থাকে, তবে উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক Z, এবং উহার ভর (Z+N)। প্রোটন-নিউট্রনের সমবেত সংখ্যাকে (Z+N) বলা হয় **ভর-সংখ্যা** (mass number, A)। উহা প্রায় পারমাণবিক গুরুত্বের সমান। $Z = (A-N)$.

নিউক্লিয়াসে একাধিক ধন-ধর্মী প্রোটন একত্রে পুঞ্জীভূত থাকে। উহাদের মধ্যে প্রচণ্ড বিকর্ষণ হওয়ার কথা। বিজ্ঞানী হাইসেনবার্গ দেখাইয়াছেন খুব ঘন সন্নিবিষ্ট অবস্থায় নিউট্রন-প্রোটনের নিরন্তর পারস্পরিক রূপান্তর ঘটে এবং উহাদের মধ্যে এক প্রবল

আকর্ষণী-শক্তির (binding energy) উদ্ভব হয়। এই বন্ধনশক্তির ফলেই উহারা একত্র থাকে এবং নিউক্লিয়াস স্থায়িত্ব লাভ করে।

$$\text{প্রোটন} + e^{-} = \text{নিউট্রন}\,;\ \text{নিউট্রন} + e^{+} = \text{প্রোটন}$$

ইহা অবশ্য একটি স্থূল ব্যাখ্যা, বস্তুতঃ মেসন-কণার মাধ্যমে অনেক জটিলতর উপায়ে এই রূপান্তর ঘটে।

বস্তুতঃ প্রোটন এবং নিউট্রনের ভর প্রায় অভিন্ন; এক একক ধনাত্মক বিদ্যুতের জন্য প্রোটন নিউট্রন হইতে পৃথক। তাই এক একক বিদ্যুতের আদান-প্রদানদ্বারা পরস্পরে পরিবর্তিত হয়। ইয়াকুবার তত্ত্ব অনুযায়ী পাইমেসনের মাধ্যমে এই পরিবর্তন হয়।

$$p + \pi^{-} \rightarrow n\,;\ n + \pi^{+} \rightarrow p$$

নিউক্লিয়াসের প্রোটন-সংখ্যা অর্থাৎ পরমাণু-ক্রমাঙ্কই যে মৌলের নির্দিষ্ট পরিচয় ইহার নিশ্চিত প্রমাণ পাওয়া গেল মোজ্‌লের পরীক্ষা হইতে।

**মোজলের পরীক্ষা :** মোজ্‌লে (Moseley, 1913) দেখাইলেন যে, ক্যাথোড রশ্মির ইলেকট্রনপ্রবাহ যদি কোন ধাতব পাতের উপর পড়ে তবে সেই সকল ধাতু হইতে শক্তিশালী রঞ্জনরশ্মি বাহির হয়। এই রশ্মিগুলির কম্পাঙ্ক ($\nu$) খুব বেশী। কিন্তু বিভিন্ন ধাতু হইতে নির্গত রঞ্জনরশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ($\lambda$) অথবা কম্পাঙ্ক ($\nu$) বিভিন্ন

$\lambda \longrightarrow$

| | |
|---|---|
| K | 19 |
| Ca | 20 |
| Ti | 22 |
| V | 23 |
| Cr | 24 |
| Mn | 25 |
| Fe | 26 |
| Co | 27 |
| Ni | 28 |
| Cu | 29 |
| Zn | 30 |

চিত্র ২-ছ। মোজ্‌লের পরীক্ষার ফল

এবং নির্দিষ্ট। অতএব, এই কম্পাঙ্ক হইতে ধাতুকে চিহ্নিত করা সম্ভব। বিভিন্ন ধাতু হইতে উদ্গত রঞ্জনরশ্মিকে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড স্ফটিকের মধ্য দিয়া পাঠাইয়া উহাকে বিবর্তিত (diffracted) করা হইল। উহারা বিভিন্ন কম্পাঙ্কের রেখায় বিভক্ত হইয়া পড়িল। ফটোগ্রাফীর প্লেটে ধরিয়া এই রঞ্জনরশ্মির বর্ণালী-চিত্র পাওয়া গেল। প্রত্যেক ধাতুর রঞ্জনরশ্মিতে অন্ততঃ দুইটি প্রধান উজ্জ্বল-রেখা —$K_\alpha$ এবং $K_\beta$—পাওয়া গেল। বিভিন্ন ধাতুর $K_\alpha$ এবং $K_\beta$ অবশ্যই বিভিন্ন। পটাসিয়াম

হইতে জিঙ্ক পর্যন্ত বিভিন্ন মৌলের $K_\alpha$ এবং $K_\beta$ রেখাগুলি ২-ছ চিত্রে দেওয়া হইল। এই রেখাগুলির কম্পাঙ্ক বাহির করিয়া মোজ্‌লে দেখিলেন যে, মৌলের ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে রেখাগুলির কম্পাঙ্ক নির্দিষ্ট পরিমাণে পরিবর্তন করে। পরমাণু ক্রমাঙ্ক ($Z$) এবং কম্পাঙ্ক ($\nu$)—এই দুইয়ের মধ্যে একটি নির্দিষ্ট সম্পর্ক আছে, উহা

$$\sqrt{\nu} = a(Z - b)\,; \quad [\,a \text{ এবং } b,\ K_\alpha\text{-রেখা শ্রেণীর ধ্রুবক}\,]$$

এই সমীকরণ সব মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

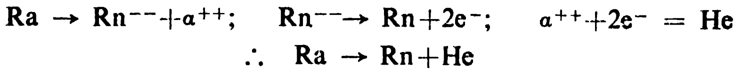
পর্যায় সারণীতে মৌলগুলির ক্রমিক সংখ্যার [১,২,৩---] সঙ্গে উহাদের ধর্মের নির্দিষ্ট পরিবর্তন হয়। মোজ্‌লের রঞ্জনরশ্মির বর্ণালী হইতে দেখা গেল, ক্রমাঙ্কের সঙ্গে $K_\alpha$-রেখা, অর্থাৎ এই বিশেষ ধর্মও নির্দিষ্টরূপে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ ক্রমাঙ্কের উপরে ধর্ম নির্ভর করে। হাইড্রোজেনের ক্রমিক-সংখ্যা এক, ক্রমাঙ্কও এক। অতএব মোজ্‌লের পরীক্ষা হইতে বোঝা গেল কোন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্কই পর্যায়-সারণীতে উহার ক্রমিক-সংখ্যা। পরমাণু-ক্রমাঙ্কের এক এক বৃদ্ধির জন্য নতুন মৌলের সৃষ্টি হয়। এই কারণে পরমাণু-ক্রমাঙ্ককে মৌলের প্রধান বা নিবিড়তম ধর্ম বলা যাইতে পারে। তাই বর্তমানে পর্যায়-সারণীতে মৌলসকল পরমাণু-ক্রমাঙ্ক অনুসারে সজ্জিত করা হয়।

নিউক্লিয়াস সম্বন্ধে একটা মোটামুটি ধারণা পাওয়া গেল। পরমাণুর ইলেকট্রনগুলির বিন্যাস সম্পর্কে আমরা পরে আলোচনা করিব (২-১৮, ২-১৯)।

**২-৯। তেজস্ক্রিয় মৌলের শ্রেণী :** তেজস্ক্রিয়তা ব্যাখ্যার জন্য রাদারফোর্ড এবং সডি (1903) একটি মতবাদ প্রচার করেন, উহাই এ পর্যন্ত স্বীকৃত হইয়া আছে। এই তত্ত্ব অনুসারে তেজস্ক্রিয়তা পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তনদ্বারা ঘটে। নিউক্লিয়াসে প্রোটন-ও নিউট্রন-সংখ্যা খুব বেশী হইলে, উহা অস্থায়ী এবং স্বতঃভঙ্গুর হইয়া পড়ে। সাধারণতঃ পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 80 হইতে অধিক হইলে, অর্থাৎ লেড, বিসমাথ অপেক্ষা বেশী হইলে, এই ভঙ্গুরত্ব দেখা যায়। এইরূপ ক্ষেত্রে, প্রতি সেকেণ্ডে পরমাণুগুলির একটা নির্দিষ্ট অংশের নিউক্লিয়াস হইতে একটি $\alpha$-কণা অথবা একটি $\beta$-কণা বাহির হইয়া আসে। এই কণাগুলির নিষ্কাশনের ফলে নিউক্লিয়াসের বিদ্যুৎমাত্রা পরিবর্তিত হয়, সুতরাং পরমাণু-ক্রমাঙ্কও পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ নূতন মৌলের সৃষ্টি হয়। কোন্ তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে $\alpha$-কণা উৎসারিত হইবে অথবা কোন্ মৌল হইতে $\beta$-কণা বাহির হইবে তাহা নির্দিষ্ট, যেমন রেডিয়াম সর্বদাই $\alpha$-কণা নিষ্কাশিত করে। এই কণা বাহির হইয়া যাওয়ার ফলে যে নূতন মৌল সৃষ্টি হয় তাহার নিউক্লিয়াসও অস্থায়ী হইতে পারে এবং উহারও স্বাভাবিক তেজস্ক্রিয়া থাকিতে পারে। অনেক সময় $\alpha$- অথবা $\beta$-কণা বাহির হইয়া গেলে নিউক্লিয়াসে খানিকটা অতিরিক্ত শক্তির সৃষ্টি হয় এবং উহা উত্তেজিত (excited) অবস্থায় থাকে। এই শক্তিটুকু তরঙ্গাকারে $\gamma$-রশ্মিরূপে বাহির হইয়া আসে।

যতক্ষণ না নিউক্লিয়াসের ভর কমিয়া প্রোটন-নিউট্রনের সাম্যাবস্থা আসে ততক্ষণ ক্রমাগত প্রত্যেক মৌলই তেজস্ক্রিয় হইবে। অর্থাৎ পর পর নূতন মৌলের সৃষ্টি হইতে থাকিবে। অর্থাৎ একটি আদি তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে বংশানুক্রমে এক তেজস্ক্রিয়-মৌলের শ্রেণী (series) সৃষ্টি হইবে। শেষ পর্যন্ত একটি তেজস্ক্রিয়া-হীন মৌলে উহা পরিণত হইবে।

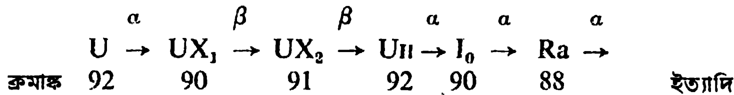
রেডিয়াম পরমাণু Ra ($M = 226, Z = 88$) তেজস্ক্রিয়। কেন্দ্রক হইতে একটি $\alpha$-কণা বাহির হওয়াতে উহা র‍্যাডনে পরিণত হয়, Rn ($M = 222, Z = 86$)। উৎপত্তি-ক্ষণে উহাতে দুইটি ইলেকট্রন অতিরিক্ত থাকে, পরে উহাও বাহির হইয়া যায়। আবার $\alpha$-কণাটি পারিপার্শ্বিক হইতে ইলেকট্রন আহরণ করিয়া হিলিয়ামে পরিণত হয়।



$$Ra \rightarrow Rn^{--} + \alpha^{++}; \quad Rn^{--} \rightarrow Rn + 2e^{-}; \quad \alpha^{++} + 2e^{-} = He$$
$$\therefore \quad Ra \rightarrow Rn + He$$

এইরূপ একটি অ্যাক্টিনিয়াম নিউক্লিয়াস হইতে একটি $\beta$-কণা উৎসর্জিত হওয়ার ফলে উহা রেডিয়ো-অ্যাক্টিনিয়ামে পরিণত হয়; $Ac \rightarrow RaAc + e$। ফলে ইহার ক্রমাঙ্ক এক বৃদ্ধি পায়, কিন্তু ভর একই থাকে। সাধারণ অবস্থায় নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকে না। $\beta$-রশ্মির ইলেকট্রন বস্তুতঃ একটি নিউট্রনের প্রোটনে রূপান্তর হইতে পাওয়া যায়।

ইউরেনিয়াম মৌল হইতে পর পর $\alpha$- ও $\beta$-কণা উৎসারিত হওয়ার ফলে উহা রেডিয়ামে পরিণত হয়।



$$U \xrightarrow{\alpha} UX_1 \xrightarrow{\beta} UX_2 \xrightarrow{\beta} U_{II} \xrightarrow{\alpha} I_0 \xrightarrow{\alpha} Ra \xrightarrow{\alpha}$$

ক্রমাঙ্ক 92 90 91 92 90 88 ইত্যাদি

রেডিয়ামও তেজস্ক্রিয়, উহা $\alpha$-কণা উৎসারিত করিয়া ভাঙ্গিয়া যায়। এই ভাঙন ক্রমাগত চলিতে থাকে যতক্ষণ না মৌল সীসাতে পরিণত হয়। তখন তেজস্ক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটে। পর পর ইউরেনিয়াম হইতে সীসা পর্যন্ত আপনা হইতে যে মৌলগুলির উৎপত্তি হয়, উহাকে ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয় মৌল-শ্রেণী বলা হয়। প্রকৃতিতে এইরূপ আরও দুইটি তেজস্ক্রিয় মৌল-শ্রেণী আছে; একটি থোরিয়াম অপরটি প্রোটো-অ্যাক্টিনিয়াম হইতে আরম্ভ করিয়া উভয়েই সীসাতে পরিণত হইয়াছে। ইউরেনিয়াম-জাত তেজস্ক্রিয় শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য এখানে দেওয়া হইল:

| মৌল | কণা | ভর | ক্রমাঙ্ক | অর্ধ-আয়ুষ্কাল |
|---|---|---|---|---|
| Uranium I, (U) | $\alpha$ | 238 | 92 | $4.6 \times 10^{9}$ years |
| Uranium $X_1$, ($UX_1$) | $\beta$ | 234 | 90 | 24.1 days |
| Uranium $X_2$, ($UX_2$) | $\beta$ | 234 | 91 | 1.14 min. |
| Uranium II, ($U_{II}$) | $\alpha$ | 234 | 92 | $2.7 \times 10^{5}$ years |
| Ionium, ($I_0$) | $\alpha$ | 230 | 90 | $8.3 \times 10^{4}$ years |
| Radium, (Ra) | $\alpha$ | 226 | 88 | 1590 years |
| Radon, (Rn) | $\alpha$ | 222 | 86 | 3.8 days |
| Radium A, (RaA) | $\alpha$ | 218 | 84 | 3.0 min. |
| Radium B, (RaB) | $\beta$ | 214 | 82 | 26.8 min. |
| Radium C, (RaC) | $\beta$, $\alpha$ | 214 | 83 | 19.7 min. |
| $\beta \swarrow \searrow \alpha$ | | | | |
| Ra C′ Radium C″ | $\alpha$, $\beta$ | 214, 210 | 84, 81 | $10^{-4}$ sec/1.3 min. |
| $\alpha \searrow \swarrow \beta$ | | | | |
| Radium D, (RaD) | $\beta$ | 210 | 82 | 22 years |
| Radium E, (RaE) | $\beta$ | 210 | 83 | 5 days |
| Radium F, (RaF) | $\alpha$ | 210 | 84 | 140 days |
| Radium G, (RaG) (Pb) | × | 206 | 82 | Stable |

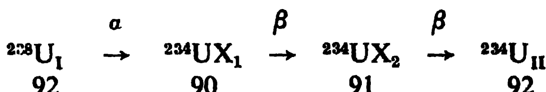
**তেজস্ক্রিয় বিভাজনের হার ঃ** প্রত্যেক তেজস্ক্রিয় বিভাজনের হার কেবলমাত্র উহার পরমাণু-সংখ্যার (N) উপর নির্ভর করে ; $-dN/dt = \lambda N$, ( $\lambda$ = একটি ধ্রুবক)
অথবা $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ( $N_0$ = প্রারম্ভিক পরমাণুর সংখ্যা)
বস্তুতঃ এই বিক্রিয়া প্রথম ক্রমের ( 1st order reaction ) উদাহরণ। অতএব, যে কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধ-আয়ুষ্কাল ( $t_{\frac{1}{2}}$ ) নির্দিষ্ট হইতে হইবে।

$t_{\frac{1}{2}} = \ln 2/\lambda = \frac{0.693}{\lambda}$, অর্থাৎ কেবলমাত্র তেজস্ক্রিয় ধ্রুবক ( radioactive-constant ) জানিলেই, তেজস্ক্রিয় মৌলটির অর্ধ-আয়ুষ্কাল জানা যাইবে। এইভাবে রেডিয়ামের অর্ধ আয়ুষ্কাল 1590 বৎসর। অর্থাৎ, 0.1 গ্রাম 1590 বছরে 0.05 গ্রামে পরিণত হইবে।

**বর্গান্তর সূত্র** (Group displacement Law)। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে একটি $\alpha$-কণা বাহির হইলে উহার নিউক্লিয়াসের বিদ্যুৎমাত্রা দুই একক কমিয়া যায়। সুতরাং নবজাতকের ক্রমাঙ্ক দুই হ্রাস পায়। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব চার একক কম হয়। পর্যায় সারণীতে নূতন মৌলটি দুই ঘর বাঁদিকে স্থান লইবে। আবার পরমাণু হইতে $\beta$-কণা বাহির হইলে উহার নিউক্লিয়াসের বিদ্যুৎ-মাত্রা এক বৃদ্ধি পাইবে, পাঃ গুরুত্ব একই থাকিবে। সুতরাং নূতন মৌলটি সারণীতে এক ঘর ডানদিকে স্থান পাইবে। এই ভাবে তেজস্ক্রিয় মৌলগুলিকে পর্যায় সারণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। এই রীতিটিকে "ফ্যাজান-সডি-রাসেলের বর্গান্তর সূত্র" বলে। চিত্র ২-জ-এ ইহা ব্যাখ্যা করা হইল। RaA-এর স্থান VIB শ্রেণীতে। $\alpha$-কণা উৎসারণে RaB উৎপন্ন হয়। উহার স্থান IVB শ্রেণীতে। RaB আবার $\beta$-কণা পরিত্যাগ করিয়া RaC উৎপন্ন করে, উহার স্থান VB শ্রেণীতে।

চিত্র ২-জ। বর্গান্তর সূত্র

২-১০। আইসোটোপ (Isotopes)। ইউরেনিয়াম ( ক্রমাঙ্ক 92) হইতে $\alpha$-কণা বাহির হয় এবং $UX_1$ মৌল হয়। তারপর ক্রমান্বয়ে দুইটি $\beta$-কণা পর পর নিষ্কাশিত হইয়া উহা U মৌলে পরিণত হয়। ইহারও ক্রমাঙ্ক 92।



$$\underset{92}{^{238}U_I} \xrightarrow{\alpha} \underset{90}{^{234}UX_1} \xrightarrow{\beta} \underset{91}{^{234}UX_2} \xrightarrow{\beta} \underset{92}{^{234}U_{II}}$$

ক্রমাঙ্কই মৌলের স্বাতন্ত্র্য নির্দেশ করে। মৌলের রাসায়নিক ধর্ম ক্রমাঙ্কদ্বারা নির্ধারিত

হয়। দুইটি মৌলের ক্রমাঙ্ক এক হইলে উহাদের রাসায়নিক ধর্ম একই হইবে, রাসায়নিক বিচারে উভয়ের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকিবে না। $U_I$ এবং $U_{II}$, উভয়ের ক্রমাঙ্ক 92। বস্তুতঃ উহারা একই মৌল। কেবল উহাদের পরমাণুর ওজন ভিন্ন। এইরূপ আরও দৃষ্টান্ত দেওয়া যায়, যথা Ra এবং ThX(88), অথবা র‍্যাডন (Rn) এবং থোরণ (86) কিংবা RaG, RaD, সীসা (82) ইত্যাদির ক্রমাঙ্ক একই, কিন্তু পাঃ গুরুত্ব আলাদা।

পর্যায়-সারণীতে ক্রমাঙ্ক অনুসারে প্রত্যেক মৌলের একটি নির্দিষ্ট স্থান আছে। যে সকল বিভিন্ন ওজনের মৌলের একই ক্রমাঙ্ক, তাহাদের সারণীতে একস্থানেই সন্নিবিষ্ট করিতে হইবে। এই কারণে যে সকল মৌলের পাঃ গুরুত্ব পৃথক হওয়া সত্ত্বেও একই ক্রমাঙ্ক, তাহাদের 'একস্থানিক মৌল' বা 'আইসোটোপ' বলা হয়। অতএব, $U_I$ এবং $U_{II}$ আইসোটোপ RaD এবং Pb আইসোটোপ।

**২-১১। পরারশ্মি বিশ্লেষণ ও আইসোটোপের সন্ধান।** আইসোটোপ কেবলমাত্র তেজস্ক্রিয় মৌলতেই সীমাবদ্ধ নহে। টমসন (1912) পরা-রশ্মি লইয়া উহার উপর যুগপৎ তাড়িত এবং চুম্বকীয় ক্ষেত্র প্রয়োগ করেন। মনে কর, একটি পরারশ্মি উল্লম্ব-ভাবে এই কাগজের তলের উপর আসিয়া পড়িল এবং উহার উপর চুম্বকীয় ক্ষেত্র (H) এবং তাড়িতক্ষেত্র (X) প্রযুক্ত হইল। এই দুইটি ক্ষেত্রকে এমন আড়াআড়ি ভাবে প্রয়োগ করা হয় যে একটি পরারশ্মি কণা O-বিন্দুতে আসিলে উহা তাড়িৎ বলের জন্য X-বিন্দুতে এবং চুম্বকীয় বলের জন্য Y-বিন্দুতে স্থানান্তরিত হইবে (চিত্র ২-ঝ)। ফলতঃ ঐ কণাটি P-বিন্দুতে অবস্থান করিবে।

যদি 'e' কণার আধান হয় এবং m ও v যথাক্রমে উহার ভর এবং গতিবেগ হয়, তাহা হইলে,

$$OX = k_1 \frac{Xe}{mv^2} \text{ এবং } OY = k_2 . \frac{He}{mv}.$$

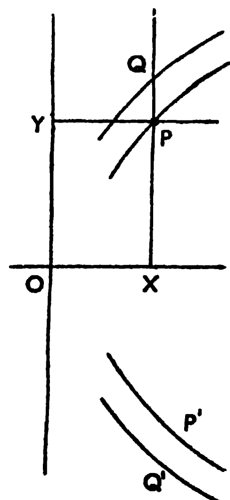
$$\text{অর্থাৎ } \frac{OY^2}{OX} = k . \frac{H^2}{X} . \frac{e}{m}.$$

যদি রশ্মির বিভিন্ন কণার e/m-এর মান একই হয়, তাহা হইলে ঐ কণাগুলির গতিবেগ বিভিন্ন হইলেও

$$\frac{OY^2}{OX} = \text{ধ্রুবক}$$

ইহা একটি অধিবৃত্তের সমীকরণ। কণার বেগ (v) পৃথক হইলে OY এবং OX বিভিন্ন হইবে, কিন্তু $OY^2/OX$ একই হইবে, সুতরাং P-বিন্দুটি একটি অধিবৃত্তের উপরে সর্বদা অবস্থান করিবে।

কিন্তু যদি কণাগুলির e/m-এর মান বিভিন্ন হয় তাহা হইলে সেই একই ক্ষেত্র প্রয়োগ করিলেও, বিভিন্ন কণা বিভিন্ন অধিবৃত্তে পরিচালিত হইবে। যদি $m_1$ এবং $m_2$ এই দুই

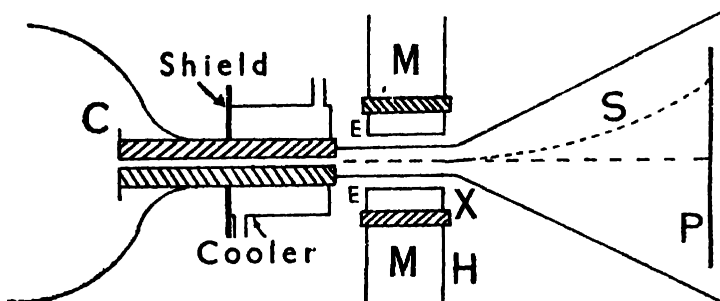



চিত্র ২-ঝ। পরারশ্মি বিশ্লেষণ

রকম ভরের কণা রশ্মিতে থাকে, (e, আধান একই ধরা যায়), তাহা হইলে

$$\frac{OY^2}{OX} = k \cdot \frac{H^2}{X} \cdot \frac{e}{m_1}, \quad \frac{OY'^2}{OX'} = k \cdot \frac{H^2}{X} \cdot \frac{e}{m_2}$$

দুইটি কণার গতিপথই অধিবৃত্তাকার, কিন্তু পৃথক। চিত্রে P এবং Q অধিবৃত্তদ্বারা উহা নির্দেশ করা হইয়াছে। যত বিভিন্ন ভরের কণা থাকিবে ততগুলি অধিবৃত্ত পাওয়া সম্ভব হইবে। সুতরাং এই অধিবৃত্ত নির্ণয় করিয়া আমরা কয়টি বিভিন্ন ভরের কণা বর্তমান তাহা জানিতে পারি। চিত্র ২-ঞ হইতে টমসনের এইরূপ বিশ্লেষণের যন্ত্রটির একটি ধারণা পাওয়া যাইবে।




চিত্র ২-ঞ। টমসনের পরারশ্মি বিশ্লেষণযন্ত্র

এই যন্ত্রে নিয়নের পরারশ্মি লইয়া পরীক্ষা করিয়া টমসন দেখাইলেন, উহা হইতে দুইটি অধিবৃত্ত পাওয়া যায়। যে অধিবৃত্তটি প্রধান এবং গাঢ়, উহা নিয়নের 20 পারমাণবিক গুরুত্ব হেতু। অপর আর একটি হাল্কা অধিবৃত্ত হইতে হিসাব করিয়া টমসন বলিলেন, উহার পাঃ গুরুত্ব, 22। অর্থাৎ, নিয়নে দুই রকম ভরের পরমাণু রহিয়াছে। অ-তেজস্ক্রিয় মৌলে এইভাবে প্রথম আইসোটোপের অস্তিত্ব জানা গেল।

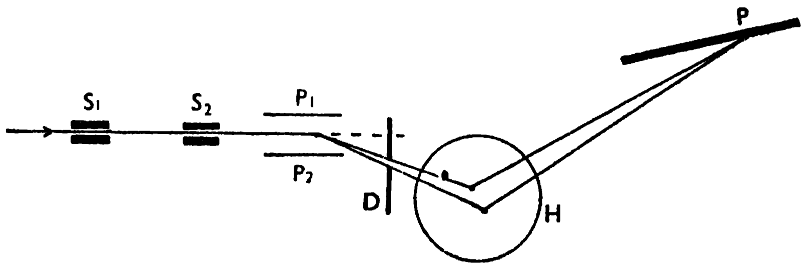
এখন জানা গিয়াছে অধিকাংশ মৌলেরই সব পরমাণুর ওজন এক নয়। মৌলের পরমাণুগুলির ওজন বিভিন্ন কিন্তু ক্রমাঙ্ক এক। অর্থাৎ এই মৌলগুলিতে বিভিন্ন আইসোটোপ আছে। যেমন, ক্লোরিনের ভিতর দুই রকম পরমাণু আছে, উভয়ের ক্রমাঙ্ক 17, কিন্তু একটির পাঃ গুরুত্ব 35, অপরটির 37; গড় পরমাণবিক গুরুত্ব, 35.6। কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল:

মৌলের চিহ্নের উপরে ভরসংখ্যা (A) দেওয়া হইয়াছে এবং নীচে ক্রমাঙ্ক বা প্রোটন-সংখ্যা (Z) দেওয়া হইয়াছে।

স্মরণ রাখিতে হইবে নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রন আছে। আইসোটোপগুলির ক্রমাঙ্ক একই, অর্থাৎ উহাদের প্রোটন-সংখ্যা সমান। কিন্তু উহাদের ভর বিভিন্ন, সুতরাং নিউট্রন-সংখ্যা এক নয়। বস্তুতঃ একই সংখ্যক প্রোটনের সঙ্গে বিভিন্ন সংখ্যক নিউট্রন থাকার ফলেই আইসোটোপের উদ্ভব হয়।

| ক্রমাঙ্ক | মৌল | আইসোটোপ | | পাঃ গুরুত্ব | পরিমাণ |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | কার্বন | (i) | $^{12}_{6}C$ | 12.0039 | 98.9% |
| | | (ii) | $^{13}_{6}C$ | 13.0076 | 1.1% |
| 17 | ক্লোরিন | (i) | $^{35}_{17}Cl$ | 34.981 | 75.4% |
| | | (ii) | $^{37}_{17}Cl$ | 36.978 | 24.6% |
| 1 | হাইড্রোজেন | (i) | $^{1}_{1}H$ | 1.0081 | 99.948% |
| | | (ii) | $^{2}_{1}H$ | 2.0147 | 0.016% |

২-১২। অ্যাস্টনের ভর-বর্ণালী লেখী (Aston's Mass spectrograph)। একই মৌলে যে বিভিন্ন গুরুত্বের পরমাণু আছে তাহা প্রমাণ করার জন্য অ্যাস্টনের পরীক্ষাটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। অ্যাস্টন তাহার যে প্রসিদ্ধ ভর-বর্ণালী-লেখী যন্ত্রে এই পরীক্ষা করেন তাহার ধারণা চিত্র ২-ট হইতে পাওয়া যাইবে। পরীক্ষাধীন মৌল হইতে উদ্ভূত পরারশ্মির একটি সরু রশ্মিকে তিনি প্রথমে এক বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের ($P_1P_2$) মধ্য দিয়া পরিচালিত করেন। পরারশ্মির কণাগুলির আধান এক বটে কিন্তু সকলের ভর সমান নহে। বিদ্যুৎক্ষেত্রের প্রভাবে এই কণাগুলি বিভিন্ন পরিমাণে বাঁকাইয়া যায়—




চিত্র ২-ট। অ্যাস্টনের ভর-বর্ণালী যন্ত্র

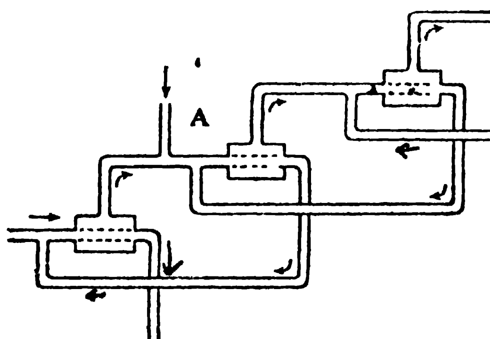
উহাদের ভর অনুযায়ী। অর্থাৎ কিরণটি বিচ্ছুরিত হইয়া যায়। এই বহুধা বিবর্তিত রশ্মিগুলিকে একটি ছিদ্রপথ (D) দিয়া বাহির করিয়া উহার উপর এক বিপরীত ক্রিয়াশীল চুম্বকক্ষেত্র (H) প্রয়োগ করা হয়। H-এর পরিমাণ এমন থাকে যাহাতে একই e/m বিশিষ্ট পরমাণুগুলি বাঁকাইয়া আবার একই বিন্দুতে মিলিত হয়। এই পুনর্মিলিত রশ্মি আসিয়া একটি ফটোগ্রাফীর প্লেটে পড়ে এবং সেখানে একটি রেখা চিত্রিত হয়। বিভিন্ন ভরের কণাগুলি বিভিন্ন পরিমাণে বাঁকিয়া যাইবে এবং ফটোগ্রাফীর প্লেটে বিভিন্ন রেখার আবির্ভাব ঘটিবে। মৌলে যতগুলি আইসোটোপ থাকিবে, ততগুলি রেখাই পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের ব্যবধানে যেমন আলোকের বর্ণালী-চিত্র পাওয়া যায়, ভরের ব্যবধানে সেইরূপ এখানে একটি বর্ণালী-চিত্রের সৃষ্টি হইবে। এই জন্য এইরূপ চিত্রের

নাম হইয়াছে ভর-বর্ণালী-লেখ। অক্সিজেন ( O = 16.0000 ) রেখাটি স্থির করিয়া লইয়া অন্যান্য রেখা কত পরিমাণ ভরের জন্য হইয়াছে তাহা স্থির করা হয়। আইসোটোপের অস্তিত্ব এবং উহাদের ভরসংখ্যাও এইভাবে অ্যাস্টন প্রমাণ করিলেন।

বিভিন্ন রেখাতে যে সকল পরারশ্মি আসিয়া মিলিত হয় সেখানে প্লেটের বদলে সংগ্রহ-পাত্র রাখিয়া পরে কোন কোন যন্ত্রে আইসোটোপগুলিকে পৃথক করিয়া সংগ্রহও করা হইয়াছে।

**২-১৩। আইসোটোপ পৃথকীকরণ।** মৌল বা উহার যৌগের ভিতর সাধারণতঃ আইসোটোপের মিশ্রণ থাকে। এই আইসোটোপ পৃথক করার নানা উপায় আছে। যুগপৎ তাড়িৎক্ষেত্র এবং চুম্বকক্ষেত্র প্রয়োগ করিয়া অ্যাস্টনের ভর-বর্ণালীর পদ্ধতিতে যে আইসোটোপ আলাদা করা যায় তাহা পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে দেখা গিয়াছে। আরও কয়েকটি উপায়ের কথা নীচে দেওয়া হইল।

(ক) গ্যাস-ব্যাপন সাহায্যে। আইসোটোপ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় পাওয়া যায় তবে উহাকে সচ্ছিদ্র নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। দেওয়ালের ভিতর দিয়া খানিকটা গ্যাসের ব্যাপন হইবে। পরিব্যাপ্ত গ্যাসে লঘুতর আইসোটোপের পরিমাণ বাড়িবে। যে গ্যাস সচ্ছিদ্র দেওয়াল দিয়া বাহিরে আসিল উহাকে পুনরায় আর একটি নলে লইয়া একই প্রক্রিয়া কবা হয়। এইভাবে বহু বহুবার গ্যাসটির ব্যাপন করাইলে (চিত্র ২-ঠ) শেষ পর্যন্ত একটি আইসোটোপ অপরটি হইতে পৃথক করা যায়। $^{238}UF_6$ এবং $^{235}UF_6$ এই দুই গ্যাসীয় আইসোটোপকে এইভাবে পৃথক করিয়া $^{235}UF_6$ আলাদা করা হইয়াছে এবং তাহা হইতে $^{235}U$ প্রস্তুত হইয়াছে। প্রথম অ্যাটম-বোমাতে উহা ব্যবহৃত হইয়াছে।




চিত্র ২-ঠ। গ্যাসের ব্যাপনদ্বারা আইসোটোপ পৃথকীকরণ

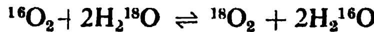
(খ) তাপীয়-ব্যাপন সাহায্যে: একটি প্রশস্ত ধাতব চিমনীর মধ্যস্থলে একটা বিদ্যুৎ-তাপিত (500°C) তার ঝুলাইয়া রাখা হয়। এখন গ্যাসীয় পদার্থ উহার ভিতর দিয়া পরিচালিত করিলে লঘুতর আইসোটোপ বা উহার যৌগ মাঝখানের উত্তপ্ত তারের নিকটে যায় এবং উপরে উঠে আর অপেক্ষাকৃত গুরুভার আইসোটোপ চিমনীর ঠাণ্ডা দেয়ালের

কাছে যায় এবং নীচের দিকে নামিতে থাকে। এই প্রক্রিয়াও পুনঃপুনঃ করিতে হয়। ক্লোরিন, নিয়ন ইত্যাদির আইসোটোপ এইরূপে পৃথক করা হইয়াছে।

(গ) আংশিক-পাতন সাহায্যে। ভর-পার্থক্যের জন্য আইসোটোপগুলির বাষ্পচাপের এবং স্ফুটনাঙ্কের একটু তারতম্য হয়। অপেক্ষাকৃত হালকা আইসোটোপটি প্রথমে বাষ্পীভূত হইবে। খুব নিম্নচাপে তরল মৌলকে (বা উহার যৌগকে) বাষ্পীভূত করিলে, প্রথমে যে বাষ্প আসিবে উহাতে লঘুতর আইসোটোপের পরিমাণ পূর্বাপেক্ষা বেশী হইবে। এই বাষ্পকে ঘনীভূত করিয়া আবার পাতিত করিলে লঘু আইসোটোপটির পরিমাণ ক্রমশঃ বাড়িতে থাকিবে। পুনঃপুনঃ এইরূপ প্রক্রিয়ার সাহায্যে মারকারির আইসোটোপগুলি বিভিন্ন অংশে পাওয়া সম্ভব হইয়াছে।

(ঘ) আংশিক তড়িৎ-বিশ্লেষণ সাহায্যে। ওয়াসবার্ণ এবং উরে (Wasburn & Urey 1932) দেখিলেন যে, তড়িৎ-সেলে হাইড্রোজেন-অক্সিজেন উৎপাদনের পর দীর্ঘদিন ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক ব্যাটারীতে যে তরল পড়িয়া থাকে, উহাতে ভারী জলের (heavy water) পরিমাণ যথেষ্ট। লুইস ও ম্যাকডোনাল্ড পুরান বৈদ্যুতিক সেল হইতে 20-লিটার জল লইয়া উহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া প্রায় 2 লিটারে পরিণত করিলেন। ইহার এক দশমাংশ $CO_2$-দ্বারা প্রশমিত করা হইল এবং বাকীটা পাতিত করা হইল। অতঃপর এই দুই ভাগ আবার মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইল। এই প্রক্রিয়া বারবার প্রয়োগ করিয়া শেষ পর্যন্ত 0.5 c.c. জল পাওয়া গেল এবং উহাতে শতকরা 70 ভাগ $D_2O$। আংশিক পাতনে অতঃপর প্রায় বিশুদ্ধ $D_2O$ তৈয়ারী হইল। ইহা হইতেই হাইড্রোজেন আইসোটোপ ($D_2$) প্রস্তুত হইল।

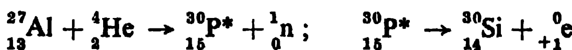
(ঙ) রাসায়নিক বিনিময়-ক্রিয়ার সাহায্যে (Exchange reaction)। যদিও আইসোটোপের রাসায়নিক ধর্ম একই রকম, কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে বিশেষতঃ হালকা মৌলের বেলাতে, আইসোটোপের রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার সামান্য বিভিন্ন হয়। এই কারণে কোন কোন যৌগের একটি উপাদান আইসোটোপদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে। যেমন, $^{16}O$ জলের ভিতর পরিচালিত করিলে জলের অণুর $^{18}O$ প্রতিস্থাপিত হয়। ফলে, যে অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে উহাতে $^{18}O$-এর পরিমাণ বাড়ে।



$$^{16}O_2 + 2H_2{}^{18}O \rightleftharpoons {}^{18}O_2 + 2H_2{}^{16}O$$

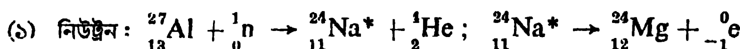
এই কারণেই হ্রদের জল হইতে উৎপাদিত অক্সিজেন বায়বীয় অক্সিজেন অপেক্ষা হাল্‌কা।

**২-১৪। কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় মৌল।** তেজস্ক্রিয় নয় এরূপ মৌলের পরমাণুকে শক্তিশালী কোন কণাদ্বারা আঘাত করিলে অনেক ক্ষেত্রে উহা অন্য কোন তেজস্ক্রিয় পরমাণুতে পরিণত হইতে পারে। ইহার প্রথম পরিচয় পাওয়া যায় জোলিও-কুরী দম্পতির পরীক্ষায় (1934)। উহারা দেখান, যদি অ্যালুমিনিয়াম আলফা-কণা ($^4_2He$) দ্বারা আক্রান্ত হয় তবে উহা প্রথমতঃ ক্ষণস্থায়ী এক তেজস্ক্রিয় ফসফরাসে ($^{30}_{15}P^*$) পরিণত হয়। এই ফসফরাসে হইতে পজিট্রন বিকীর্ণ হইয়া উহা সিলিকনে পরিণতি লাভ করে:

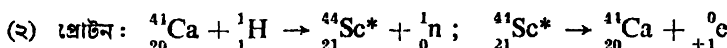


$$^{27}_{13}Al + {}^4_2He \rightarrow {}^{30}_{15}P^* + {}^1_0n \; ; \qquad {}^{30}_{15}P^* \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e$$

অতএব, ফসফরাসের একটি তেজস্ক্রিয় রূপ আছে—ইহাই কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় ফসফরাস। অন্যান্য সাধারণ পরমাণুরও ঐ ধরনের পরিবর্তন সম্ভব। α-কণা ছাড়াও অন্যান্য কণা, যেমন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি আক্রমণের কাজে ব্যবহৃত হয়। যথা:



(১) নিউট্রন: $^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na^* + ^{4}_{2}He$ ; $^{24}_{11}Na^* \rightarrow ^{24}_{12}Mg + ^{0}_{-1}e$

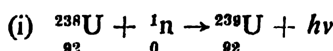


(২) প্রোটন: $^{41}_{20}Ca + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{44}_{21}Sc^* + ^{1}_{0}n$ ; $^{41}_{21}Sc^* \rightarrow ^{41}_{20}Ca + ^{0}_{+1}e$

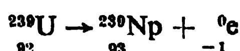
অতএব এক মৌল হইতে অপর এক মৌলের উৎপাদন সম্ভব। সুতরাং মৌলিক পদার্থের আদি সংজ্ঞা যে একটি মৌলিক পদার্থ হইতে অপর কোন মৌল সৃষ্টি হইবে না, তাহা আর রহিল না। কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত তেজস্ক্রিয় মৌলগুলির নানা রকম ব্যবহার আছে। (ক) কোথাও কোন পদার্থ যদি অতি সামান্য পরিমাণে থাকে তবে উহার পরিমাণ নির্ধারণ করিতে এবং বিশ্লেষণ করিতে কোন কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়-মৌলজাত উক্ত পদার্থ লইয়া মিশাইয়া দেওয়া হয়। সমভাবে মিশিয়া গেলে, তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপ করিয়া সেই পদার্থের পরিমাণ জানা যায়। এমন কি $10^{-8}$ গ্রাম পরিমাণ পদার্থের পরিমাণও এইভাবে নির্ণয় সম্ভব। (খ) উদ্ভিদ্‌কোষ বা জীবকোষের রাসায়নিক পরিবর্তনের অনুসন্ধান করিতে রেডিও-ফসফরাস বা রেডিও-কার্বন আজকাল সর্বদা ব্যবহৃত হয়। (গ) রেডিয়ো-কার্বন ($^{14}C$) সাহায্যে অতি পুরাতন প্রাণিজ-বস্তু বা কাঠ ইত্যাদির বয়স নির্ণয় সম্ভব হইয়াছে। (ঘ) আধুনিক চিকিৎসায় কোবাল্ট-60, আয়োডিন-131 প্রভৃতি ব্যবহার হইতেছে।

**২-১৫। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলশ্রেণী।** এ পর্যন্ত পর্যায়-সারণীর সর্বাধিক গুরুভার মৌল ছিল ইউরেনিয়াম (ক্রমাঙ্ক 92, গুরুত্ব 238)। উপরোক্ত কৃত্রিম উপায়ের সাহায্যে ইউরেনিয়াম হইতেও গুরুভার এবং উচ্চতর ক্রমাঙ্কের আরও কয়েকটি মৌলের পরমাণু সৃষ্টি করিতে পারা গিয়াছে। এই ইউরেনিয়ামোত্তর (transuranic) মৌলগুলি সবই তেজস্ক্রিয় এবং স্বতঃভঙ্গুর। এই সকল মৌল হইতে আল্‌ফা, বীটা প্রভৃতি রশ্মি নির্গত হয়। দুই একটি উদাহরণ এখানে দেওয়া হইল।

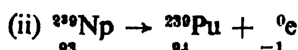
অপেক্ষাকৃত কম শক্তিশালী নিউট্রনদ্বারা আক্রান্ত হইলে ইউরেনিয়াম হইতে প্রথমে নেপচুনিয়াম (Np, 93) এবং পরে প্লুটোনিয়াম (Pu, 94) পাওয়া যায়। উভয়েই তেজস্ক্রিয় এবং দুই ক্ষেত্রেই β-কণা উৎসারিত হয়:



$$\text{(i)}\quad ^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U + h\nu$$



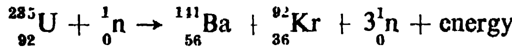
$$^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{0}_{-1}e$$



$$\text{(ii)}\quad ^{239}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + ^{0}_{-1}e$$

এইভাবে আরও অধিক ক্রমাঙ্কের মৌল, যেমন—আমেরিকিয়াম, কুরীয়াম, বার্কেলিয়াম, কালিফোর্নিয়াম, আইনস্টেনিয়াম, ফেমিয়াম, মেণ্ডেভিলিয়াম ইত্যাদি প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। ইহারা "ইউরেনিয়ামোত্তর তেজস্ক্রিয় মৌলশ্রেণী" নামে অভিহিত।

**২-১৬। পারমাণবিক বিখণ্ডন (Atomic fission)।** কৃত্রিম উপায়ে যে সকল মৌলের উদ্ভব হয়, উহাদের ক্রমাঙ্ক আদি মৌল হইতে সামান্য বেশী বা কম হয়। অর্থাৎ উহাদের নিউক্লিয়াসের প্রোটনসংখ্যার সামান্য পরিবর্তন হয়। পর্যায়সারণীতে আদি-মৌল ও উৎপন্ন-মৌল নিকট প্রতিবেশী। কিন্তু 1939 সালে অটো হান এবং স্ট্রাস্‌ম্যান এক অভাবনীয় পরীক্ষার দ্বারা পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে ভাঙিয়া ফেলিয়া বৃহদাকার দুইটি অংশে পরিণত করিতে সক্ষম হইলেন। ইউরেনিয়ামকে নিউট্রনদ্বারা বিধ্বস্ত করার ফলে উহা হইতে প্রধানতঃ ক্রিপ্টন (ক্রমাঙ্ক, 36) এবং বেরিয়াম (ক্রমাঙ্ক, 56) পাওয়া গেল। অর্থাৎ ইউরেনিয়ামের নিউক্লিয়াস দিখণ্ডিত হইয়া দুইটি ভারী ওজনের নিউক্লিয়াসে পরিণত হইল। নিউক্লিয়াসের বিখণ্ডন (fission) সম্ভব হইল। এই সঙ্গে কয়েকটি নিউট্রন এবং প্রচুর শক্তিরও সৃষ্টি হইল। পরীক্ষাতে দেখা গেল, বিশেষ করিয়া ইউরেনিয়ামের নানা আইসোটোপের মধ্যে U-235-ই এই বিখণ্ডনে অংশ গ্রহণ করে।



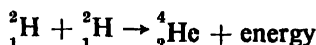
$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n + energy$$

ইহা ছাড়াও অল্পাধিক পরিমাণে আরও নানা মৌলের উৎপত্তি হয়। হিসাব করিলে দেখা যায়, উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন ইউরেনিয়াম ও আক্রমণকারী নিউট্রনের ওজনের চেয়ে কম। বিখণ্ডনের সময়, খানিকটা ভর আইনস্টাইন নিয়মানুযায়ী ($E = mc^2$) শক্তিতে পরিণত হইয়া যায়; রঞ্জন-রশ্মি, গামা-রশ্মি এবং তাপশক্তিরূপে উহা বহির্গত হয়। প্রতি পরমাণুর বিখণ্ডনে প্রায় বিশ কোটি ইলেকট্রন-ভোল্ট শক্তির সৃষ্টি হয়। বিখণ্ডনের ফলে নূতন নিউট্রনেরও আবির্ভাব হয়। এই নিউট্রনগুলো আবার আরও U-235-কে আক্রমণ করিয়া বিখণ্ডিত করিতে থাকে ও আরও নিউট্রন উৎপাদন করে। ফলে অতি অল্প সময়ে ($10^{-8}$ সেকেণ্ড) পর পর বিখণ্ডন চলিতে থাকে এবং এক শৃঙ্খল-অভিক্রিয়া (chain reaction) ঘটে। ইহার ফলে হঠাৎ প্রচণ্ড শক্তির উৎপাদন ঘটে। এক গ্রাম U-235 বিখণ্ডনের ফলে, $2 \times 10^7$ কিলোক্যালোরি তাপ-শক্তি উৎপন্ন হয়। এই তাপ $10^{-6}$ সেকেণ্ডের মধ্যে উৎসারিত হয় বলিয়া প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয় এবং তাপমাত্রা এক কোটি ডিগ্রিও হইতে পারে। ইহাই পরমাণু-বোমার বিস্ফোরণের মূল কথা। পরে ইউরেনিয়াম হইতে কৃত্রিম উপায়ে সৃষ্ট প্লুটোনিয়াম-239-কে বিখণ্ডিত করিয়াও ঐরূপ প্রচণ্ড বিস্ফোরণ করা হইয়াছে।

কিন্তু এই পারমাণবিক শক্তিকে আমাদের প্রয়োজনে লাগাইতে হইলে এই বিস্ফোরণকে বাধা দিয়া শৃঙ্খল-বিক্রিয়াটিকে নিয়ন্ত্রণ করিতে হইবে, যাহাতে প্রয়োজনানুরূপ তাপশক্তি পাওয়া যায়। এইজন্য আজকাল পারমাণবিক নিয়ন্ত্রক (atomic reactor) দিয়া পরমাণুর বিখণ্ডন ও তজ্জনিত শৃঙ্খল-অভিক্রিয়াটিকে সংযত করার প্রচেষ্টা চলিতেছে। বস্তুতঃ এই নিয়ন্ত্রক সাহায্যে উৎপন্ন নিউট্রনগুলির গতিবেগ ভারী জল কিংবা গ্রাফাইটদ্বারা মন্দীভূত করিয়া দেওয়া হয়। সুতরাং বিখণ্ডন বিক্রিয়ার গতিও কমিয়া যায়। যে তাপ উৎপন্ন হয় উহা সোডিয়াম-পটাসিয়ামের গলিত সংকর অথবা অন্য কোন উপযুক্ত তরল গ্রহণ করিয়া লয়। পরে সেই তাপকে স্টীমের মাধ্যমে বিদ্যুৎ-শক্তিতে পরিণত করা হয়।

**২-১৭। পরমাণু-সম্মিলন (atomic fusion)।** অত্যন্ত উচ্চ উষ্ণতায় কোন কোন ক্ষেত্রে খুব স্বল্পভার দুইটি নিউক্লিয়াস একত্র যুক্ত হইয়া একটি অপেক্ষাকৃত গুরুভার নিউক্লিয়াসের সৃষ্টি করে। অর্থাৎ দুইটি নিউক্লিয়াসের সম্মিলন সম্পাদিত হয় এবং নূতন পরমাণুর সৃষ্টি হয়।

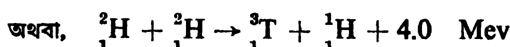
এই সম্মিলনের কালে কিছুটা ভর হ্রাস পায়। ভরের এই হ্রাস তাপশক্তিরূপে নির্গত হয় এবং ভয়ঙ্কর বিস্ফোরণের কারণ হয়।



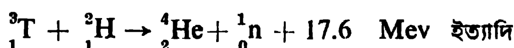
$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + \text{energy}$$

ভর: $2 \times 2.01626$ $4.00389$ ; $\triangle m = -0.02863$ amu

$E = 0.02863 \times 9 \times 10^{20}$ আর্গ



অথবা, $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{1}T + ^{1}_{1}H + 4.0$ Mev



$^{3}_{1}T + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + 17.6$ Mev ইত্যাদি

হাইড্রোজেন বোমার বিস্ফোরণে এইরূপ সব বিক্রিয়া ঘটে।

**২-১৮। পরমাণুর ইলেকট্রন।** নিউক্লিয়াসের প্রোটনের সম-সংখ্যক ইলেকট্রন কেন্দ্রের বাহিরে আছে। রাদারফোর্ড বলিয়াছিলেন *ঐ* ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে নিরন্তর যে কোন বৃত্তপথে ঘুরিতেছে এবং সেই জন্যই কেন্দ্রের আকর্ষণ প্রতিরোধ করিতে পারিতেছে। তাহা না হইলে উহারা গিয়া কেন্দ্রের উপর নিপতিত হইত। পরমাণুর রেখা-বর্ণালীর যখন সূক্ষ্ম বিশ্লেষণ করা হইল, তখন দেখা গেল এই ইলেকট্রনগুলি যে কোন বৃত্তে ঘুরিতে পারে না। অতঃপর নীলস্ ব'য়র (Niels Bohr) কোয়ান্টাম-বাদ সাহায্যে ইলেকট্রনের অবস্থিতি সম্বন্ধে এক মতবাদ প্রচার করেন।

**ব'য়রের মতবাদ।** এই মতবাদ তিনটি স্বীকৃতির উপর প্রতিষ্ঠিত:

(১) ইলেকট্রনগুলি যে কোন বৃত্তপথে ঘুরিতে পারে না। উহারা কেবলমাত্র কতগুলি নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধের বৃত্তে ঘোরে। অর্থাৎ ইলেকট্রন-ঘূর্ণনের নির্দিষ্ট কক্ষপথ আছে। এই বৃত্তগুলির ব্যাসার্ধ এরূপ যে উহাতে ঘুরিবার সময় ইলেকট্রনের কৌনিক ভর-বেগ $h/2\pi$ এর কোন সরল গুণিতক হইতে হইবে।

(২) যতক্ষণ কোন ইলেকট্রন নির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘোরে ততক্ষণ ইলেকট্রন হইতে কোন আলোক বা তরঙ্গ বিচ্ছুরিত হয় না। এই অবস্থায় ইলেকট্রনের তথা পরমাণুটির আভ্যন্তরিক শক্তি নির্দিষ্ট থাকে। পরমাণুর ইহা এক সাম্যাবস্থা (stationary state)। কিন্তু কোনরূপে বাহিরের শক্তি পাইলে ইলেকট্রন এক কক্ষপথ হইতে কেন্দ্র হইতে দূরের কক্ষপথে চলিয়া যায়। উহাতে পরমাণুরও শক্তির নির্দিষ্ট বৃদ্ধি ঘটে, উহা উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়। বিভিন্ন নির্দিষ্ট বৃত্তে ইলেকট্রনগুলি থাকার জন্য পরমাণু কতগুলি নির্দিষ্ট শক্তি-স্তরে থাকিতে পারে। এই স্তরগুলিকে ক্রমিক কোয়ান্টাম-সংখ্যা 1, 2, 3, . . . দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। কিংবা এই স্তরগুলিকে যথাক্রমে K, L, M, . . . স্তরও বলা হয়। স্তরনির্দেশ করার এই

চিহ্ন বা সংখ্যাগুলি মুখ্য-কোয়ান্টাম সংখ্যা ($n$, principal quantum number) নামে পরিচিত।

(৩) উচ্চতর স্তর হইতে যদি কোন ইলেক্ট্রন নিম্নতর স্তরে আসে, তবে খানিকটা শক্তি তরঙ্গাকারে পরমাণু হইতে বাহির হইয়া আসে। মনে কর, M-স্তর হইতে L-স্তরে একটি ইলেকট্রন চলিয়া গেল ($M = 3$, $L = 2$) তাহা হইলে, উৎসারিত শক্তি $\triangle E = E_3 - E_2$। যে তরঙ্গ বাহির হইবে তাহার কম্পাঙ্ক যদি $\nu$ হয়, তাহা হইলে, $h\nu = \triangle E$ অথবা $\nu = \triangle E/h$, ($h$ = প্লাঙ্ক-ধ্রুবক)। যেহেতু $\triangle E = E_3 - E_2$ নির্দিষ্ট, কম্পাঙ্ক $\nu$-ও নির্দিষ্ট। এই জন্যই পারমাণবিক বর্ণালীতে কতকগুলি নির্দিষ্ট রেখা পাওয়া যায়।

ব'য়র এইভাবে পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস প্রস্তাব করিলেন। কিন্তু কোন একটা মুখ্যস্তরের সবগুলি ইলেকট্রনই এক বৃত্তপথে ঘোরে না। বস্তুতঃ দুইটি মাত্র ইলেকট্রন বৃত্তপথে ঘোরে, বাকীগুলি বিভিন্ন উপবৃত্তপথে ঘোরে। বৃত্ত এবং বিভিন্ন উপবৃত্তে ঘুরিলেও উহাদের একই মুখ্য কোয়ান্টামস্তরে আছে ধরা হয় এবং উহাদের শক্তিও প্রায় একই সমান। এই অনুস্তরগুলিকে '$l$'-দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং ইহাকে বলা হয় দিগংশীয় কোয়ান্টামসংখ্যা (azimuthal quantum number)। এই $l$ একটি পূর্ণসংখ্যা হইবে, যথা, $l = 0, 1, 2, \ldots (n-1)$। M-মুখ্যস্তরের অনুস্তর হইবে $l = 0$, $l = 1$, $l = 2$. অর্থাৎ এই মুখ্যস্তরের মোট অনুস্তরসংখ্যা তিন। বাস্তবিক দেখা গিয়াছে, কোন মুখ্যস্তরের সর্বাধিক অনুস্তর চার। K-স্তরে একটি, L-স্তরে দুইটি, M-স্তরে তিনটি এবং অন্যান্য স্তরে চারটি অনুস্তর থাকে। এই চারটি অনুস্তরকে যথাক্রমে s, p, d, f, এই চার অক্ষরদ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

জিম্যান (Zeeman, 1896) পূর্বেই দেখাইয়াছেন শক্তিশালী চুম্বকক্ষেত্রে রাখিয়া পরমাণুর বর্ণালী লইলে রেখাগুলি বহুধা বিভক্ত হইয়া বিভিন্ন রেখার সৃষ্টি করে। অর্থাৎ ইলেকট্রনের উপর চুম্বকক্ষেত্রের প্রভাব আছে। কোন অনুস্তরে যেসব ইলেকট্রন আছে উহারা চতুর্দিকের বিদ্যুৎকণার চুম্বকদ্বারা প্রভাবিত। অতএব বিভিন্ন ইলেকট্রনের উপর এই প্রভাব সমান নয়। সুতরাং শক্তি-স্তরের বিচারে এই জন্যও ইলেকট্রনগুলি কতকগুলি স্তরভেদে থাকিবে। এই স্তরভেদকে চৌম্বক-কোয়ান্টাম-সংখ্যা (magnetic quantum number, $m$) বলা হয়। অতএব একটি ইলেকট্রন কি অবস্থায় আছে জানিতে হইলে উহার মুখ্য ($n$), দিগংশীয় ($l$) এবং চৌম্বক ($m$) কোয়ান্টাম-সংখ্যা স্থির করা দরকার।

শুধু তাই নয়। উলেনবেক এবং গাউডস্মিট (Uhlenback and Goudsmit, 1925) দেখান যে ইলেকট্রন নিজের অক্ষদণ্ডেও ঘোরে। এই ঘূর্ণনের জন্য আরোপিত ঘূর্ণন কোয়ান্টাম-সংখ্যা (spin quantum number, $s$) $+\frac{1}{2}$ অথবা $-\frac{1}{2}$ মানের হইবে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে ইলেকট্রনের চারটি কোয়ান্টাম-সংখ্যা, $n$, $l$, $m$ এবং $s$। অর্থাৎ কোন ইলেকট্রনকে নির্দিষ্ট করিতে হইলে এই চারিটি কোয়ান্টাম-সংখ্যার উল্লেখ করিতে হইবে।

**পাউলির অপবর্জন-নীতি** (Pauli's exclusion principle)। নানা বর্ণালী পুঙ্খানুপুঙ্খ পরীক্ষা করিয়া পাউলি (1925) ইলেকট্রনগুলির কোয়াণ্টাম-সংখ্যা সম্বন্ধে একটি সিদ্ধান্তে উপনীত হইলেন। "কোন পরমাণুর দুইটি ইলেকট্রনের ঠিক এক রকম চারিটি কোয়া-ণ্টাম-সংখ্যা হইতে পারে না।" পরমাণুর প্রত্যেকটি ইলেকট্রনের অন্ততঃ একটি কোয়া-ণ্টাম-সংখ্যা অপর যে কোন ইলেকট্রনেব সংখ্যা হইতে পৃথক হইবেই। ইহাকেই পাউলির অপবর্জন-নীতি আখ্যা দেওয়া হইয়াছে।

ইতিমধ্যে ল্যাংমুর (Laugmuir, 1919) পরমাণুতে ইলেকট্রনের অবস্থিতি সম্বন্ধে একটি সুষ্ঠু কল্পনা প্রকাশ করেন। তিনি বলেন, মৌলদের ভিতব হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন প্রভৃতি রাসায়নিক দিক হইতে সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়। তাহা হইলে এই সকল নিষ্ক্রিয় পবমাণুতে ইলেকট্রনগুলি সর্বাধিক সুবিন্যস্ত হইবে। বিভিন্ন কক্ষপথের ইলেক-ট্রন-ধারণ ক্ষমতা এক নয়। প্রথম কক্ষপথে (K-স্তরে) কেবলমাত্র দুইটি ইলেকট্রন থাকিতে পারে, আবাব অন্যান্য কক্ষপথগুলিতে সর্বাধিক ৮টি, ১৮টি অথবা ৩২টি ইলেক-ট্রনও স্থান পাইতে পারে। নিষ্ক্রিয় পরমাণুগুলিতে এই নিয়মে প্রত্যেকটি কক্ষপথে সর্বাধিক ইলেকট্রন আছে। উহাদের পরমাণু-বিন্যাস নিম্নরূপ।

| পরমাণু | মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা | বিভিন্নস্তরে ইলেকট্রন-বিন্যাস | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | K | L | M | N | O | P কক্ষপথ |
| He | 2 | 2 | | | | | |
| Nc | 10 | 2 | 8 | | | | |
| A | 18 | 2 | 8 | 8 | | | |
| Kr | 36 | 2 | 8 | 18 | 8 | | |
| Xe | 54 | 2 | 8 | 18 | 18 | 8 | |
| Rn | 86 | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 |

কক্ষপথের এই সর্বাধিক সংখ্যাগুলিই পর্যায়-সারণীব বিভিন্ন পর্যায়ের মৌলের অব-স্থিতির সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন, দ্বিতীয় পর্যায়ে আটটি মৌল থাকিবে, এবং চতুর্থ পর্যায়ে বত্রিশটি মৌল থাকিবে। প্রত্যেক পর্যায়ে ক্রমাঙ্ক এক এক বাড়িবে, সঙ্গে সঙ্গে ইলেকট্রনও একটি করিয়া বাড়িবে। এইভাবে ইলেকট্রনদ্বারা কক্ষপথ সম্পৃক্ত হইয়া গেলে, পরের ইলেকট্রন গিয়া পরবর্তী কক্ষপথে স্থান লইবে। ইহাই ল্যাংমুরের মোটামুটি কল্পনা। ইহার পর ব'য়র এবং বেরী (Bohr and Bury) পৃথকভাবে ইলেকট্রন-বিন্যাসের এক সম্পূর্ণ চিত্র দেন ও উহার স্বাভাবিক নিয়ম বর্ণনা করেন।

**২-১৯। ব'য়র এবং বেরীর ইলেকট্রন-বিন্যাস তত্ত্ব।** এই তত্ত্ব অনুসারে, (১) কোন কক্ষে ইলেকট্রন-সংখ্যার একটা সর্বাধিক সীমা আছে। যে কোন সংখ্যক ইলেকট্রন একটি কক্ষে থাকিতে পারে না। n-সংখ্যক কক্ষে সর্বাধিক ইলেকট্রন-গ্রহণ ক্ষমতা হইবে ($2n^2$)। (অতএব প্রথম কক্ষে 2, দ্বিতীয় কক্ষে 8, তৃতীয় কক্ষে 18, এইরূপ ইলেকট্রন থাকিতে পারিবে।

(২) সবচেয়ে বাইরের কক্ষে কিন্তু কখনও আটটির অধিক ইলেকট্রন থাকিতে পারিবে না এবং উহার পূর্ববর্তী কক্ষে সর্বাধিক আঠারটি ইলেকট্রন থাকিবে।

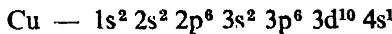
(৩) অনেক সময়, বিশেষতঃ অপেক্ষাকৃত ভারী পরমাণুর ক্ষেত্রে, ইলেকট্রনদ্বারা ভিতরের কক্ষ সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত না হইলেও, বাহিরের কক্ষে ইলেকট্রন স্থান পাইতে পারে। সর্ববহিঃস্থ কক্ষে আটটি ইলেকট্রন স্থান পাওয়ার পরই অন্য ইলেকট্রনগুলি পরবর্তী কক্ষে স্থান গ্রহণ করিতে পারে।

(৪) ভিতরের কক্ষ অসম্পৃক্ত রাখিয়া বাহিরের কক্ষগুলিতে যদি ইলেকট্রন স্থান গ্রহণ করে তবে সর্ববহিঃস্থ কক্ষে দুইটির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না এবং তাহার পূর্ববর্তী কক্ষে নয়টির অধিক ইলেকট্রন থাকিতে পারে না।

এই সকল সিদ্ধান্ত এবং পাউলির নিয়ম প্রয়োগ করিয়া এখন সমস্ত পরমাণুরই ইলেকট্রন-বিন্যাস জানা গিয়াছে।

মনে রাখা প্রয়োজন, বিভিন্ন কক্ষের বা স্তরের (n) ইলেকট্রনগুলি আবার একাধিক অনুস্তরে বিভক্ত হইয়া থাকিতে পারে। প্রত্যেকটি অনুস্তরেরই [ s, p, d, f ] আবার ইলেকট্রন ধারণের একটা সর্বাধিক সীমা আছে। দেখা যায় পাউলির নিয়ম অনুযায়ী s-অনুস্তরে দুইটি, p-অনুস্তরে ছয়টি, d-অনুস্তরে দশটির বেশী ইলেকট্রন থাকা সম্ভব নয়। এইরূপে f-অনুস্তরে চৌদ্দটি ইলেকট্রনের স্থান হইতে পারে।

যে কোন উপস্তরের মুখ্য এবং দিগংশীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা ($n$ এবং $l$) একই হইবে। উহাদের $m$ এবং $s$ অর্থাৎ চৌম্বক এবং ঘূর্ণন কোয়ান্টাম-সংখ্যা পৃথক হয়। পরমাণুর কোন অনুস্তরে কতটা ইলেকট্রন আছে তাহা বুঝাইবার জন্য সেই অনুস্তরে (s, p, d, f) লিখিয়া তাহার ডানদিকের মাথায় সংখ্যাটি লিখিত হয়। যেমন $p^5$ মানে p- অনুস্তরে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে। স্তরের পরিচয়ের জন্য অনুস্তরের বাঁদিকে সেই স্তরের সংখ্যা 1, 2, 3, --- ইত্যাদি] লিখিত হয়। এইভাবে পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস-সংকেত লেখা যায়। যেমন, কপারের ইলেকট্রন বিন্যাসের সংকেত লেখা যাইতে পারে:



$$Cu — 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^1$$

অর্থাৎ উহাতে দুইটি 1s-ইলেকট্রন, দুইটি 2s এবং ছয়টি 2p-ইলেকট্রন, দুইটি 3s, ছয়টি 3p এবং দশটি 3d ইলেকট্রন এবং একটি 4s ইলেকট্রন আছে। উহার মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা, 29 (ক্রমাঙ্ক, 29)।

পর্যায়-সারণীতে মৌলগুলি উহাদের ধারাবাহিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী সাজান হইয়াছে। সুতরাং উহাদের ইলেকট্রন-সংখ্যা ক্রমাগত এক এক করিয়া বাড়িয়া গিয়াছে। এই ইলেকট্রনগুলি প্রথমে K-স্তর, তারপর L-স্তরের s এবং p-অনুস্তর, তারপর M-স্তরের s, p এবং d অনুস্তর ধীরে ধীরে পূর্ণ করিয়া যাইবে। হাইড্রোজেনের একটি ইলেকট্রন, 1s। ইহার পর হিলিয়াম, উহার দুইটি ইলেকট্রন, $1s^2$। তৎপর লিথিয়াম, উহার তিনটি ইলেকট্রন, $1s^2\ 2s^1$। এইভাবে অগ্রসর হইয়া আমরা আরগন পর্যন্ত অনায়াসে পৌঁছুতে পারি। তাহার পর পটাসিয়াম (ক্রমাঙ্ক, 19.)। ইলেকট্রনগুলির শেষটি 3d-অনুস্তরে না গিয়া 4s-এ স্থান লয়, $K \rightarrow 1s^2 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$। সেইরূপ পরবর্তী মৌল ক্যালসিয়ামের (ক্রমাঙ্ক, 20) শেষ দুইটি ইলেকট্রন 4s-অনুস্তরে থাকে যদিও 3d-অনুস্তর খালি রহিয়াছে। ইহা কিন্তু ব'য়র-বেরী সিদ্ধান্তের বিরোধী নয়। ইহার পর Sc হইতে Zn পর্যন্ত একটি একটি করিয়া ইলেকট্রন 3d-অনুস্তরে যোগ হইতে

বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস

| | | 1s | 2s | 2p | 3s | 3p | 3d | 4s | 4p | 4d | 4f | 5s | 5p | 5d | 5f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 H | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 He | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 Li | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 4 Be | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | 5 B | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 6 C | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 7 N | 2 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | |
| | 8 O | 2 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | |
| | 9 F | 2 | 2 | 5 | | | | | | | | | | | |
| | 10 Ne | 2 | 2 | 6 | | | | | | | | | | | |
| | 11 Na | 2 | 8 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | 12 Mg | 2 | 8 | | 2 | | | | | | | | | | |
| | 13 Al | 2 | 8 | | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| | 14 Si | 2 | 8 | | 2 | 2 | | | | | | | | | |
| | 15 P | 2 | 8 | | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| | 16 S | 2 | 8 | | 2 | 4 | | | | | | | | | |
| | 17 Cl | 2 | 8 | | 2 | 5 | | | | | | | | | |
| | 18 A | 2 | 8 | | 2 | 6 | | | | | | | | | |
| | 19 K | 2 | 8 | | 8 | | | 1 | | | | | | | |
| | 20 Ca | 2 | 8 | | 8 | | | 2 | | | | | | | |
| সন্ধিগত মৌল | 21 Sc | 2 | 8 | | 8 | | 1 | 2 | | | | | | | |
| | 22 Ti | 2 | 8 | | 8 | | 2 | 2 | | | | | | | |
| | 23 V | 2 | 8 | | 8 | | 3 | 2 | | | | | | | |
| | 24 Cr | 2 | 8 | | 8 | | 5 | 1 | | | | | | | |
| | 25 Mn | 2 | 8 | | 8 | | 5 | 2 | | | | | | | |
| | 26 Fe | 2 | 8 | | 8 | | 6 | 2 | | | | | | | |
| | 27 Co | 2 | 8 | | 8 | | 7 | 2 | | | | | | | |
| | 28 Ni | 2 | 8 | | 8 | | 8 | 2 | | | | | | | |
| | 29 Cu | 2 | 8 | | 8 | | 10 | 1 | | | | | | | |
| | 30 Zn | 2 | 8 | | 8 | | 10 | 2 | | | | | | | |
| | 31 Ga | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 1 | | | | | | |
| | 32 Ge | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 2 | | | | | | |
| | 33 As | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 3 | | | | | | |
| | 34 Se | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 4 | | | | | | |
| | 25 Br | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 5 | | | | | | |
| | 36 Kr | 2 | 8 | | | 18 | | 2 | 6 | | | | | | |
| | 37 Rb | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | | 1 | | | | |
| | 38 Sr | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | | 2 | | | | |
| সন্ধিগত মৌল | 39 Y | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 1 | 2 | | | | |
| | 40 Zr | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 2 | 2 | | | | |
| | 41 Nb | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 4 | 1 | | | | |
| | 42 Mo | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 5 | 1 | | | | |
| | 43 Tc | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 6 | 1 | | | | |
| | 44 Ru | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 7 | 1 | | | | |
| | 45 Rh | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 8 | 1 | | | | |
| | 46 Pd | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 10 | | | | | |
| | 47 Ag | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 10 | 1 | | | | |
| | 48 Cd | 2 | 8 | | | 18 | | 8 | | 10 | 2 | | | | |
| | 49 In | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | 2 | 1 | | | |
| | 50 Sn | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | 2 | 2 | | | |

| | 1s | 2s | 2p | 3s | 3p | 3d | 4s | 4p | 4d | 4f | 5s | 5p | 5d | 5f | 6s | 6p | 6d | 7s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 Sb | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 2 | 3 | | | | | | |
| 52 Te | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 2 | 4 | | | | | | |
| 53 I | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 2 | 5 | | | | | | |
| 54 Xe | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 2 | 6 | | | | | | |
| 55 Cs | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 8 | | | | 1 | | | |
| 56 Ba | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 8 | | | | 2 | | | |
| 57 La | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | | | 8 | 1 | | | 2 | | | |
| 58 Ce | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 2 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 59 Pr | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 3 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 60 Nd | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 4 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 61 Pm | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 5 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 62 Sm | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 6 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 63 Eu | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 7 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 64 Gd | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 7 | | 8 | 1 | | | 2 | | | |
| 65 Tb | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 9 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 66 Dy | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 10 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 67 Ho | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 11 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 68 Er | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 12 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 69 Tm | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 13 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 70 Yb | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 14 | | 8 | | | | 2 | | | |
| 71 Lu | 2 | 8 | | | 18 | | | 18 | 14 | | 8 | 1 | | | 2 | | | |
| 72 Hf | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 2 | | | 2 | | | |
| 73 Ta | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 3 | | | 2 | | | |
| 74 W | 2 | 8 | | | 18 | | | 31 | | | 8 | 4 | | | 2 | | | |
| 75 Re | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 5 | | | 2 | | | |
| 76 Os | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 6 | | | 2 | | | |
| 77 Ir | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 7 | | | 2 | | | |
| 78 Pt | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 9 | | | 1 | | | |
| 79 Au | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 10 | | | 1 | | | |
| 80 Hg | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 8 | 10 | | | 2 | | | |
| 81 Tl | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 1 | | |
| 82 Pb | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 2 | | |
| 83 Bi | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 3 | | |
| 84 Po | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 4 | | |
| 85 At | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 5 | | |
| 86 Rn | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 2 | 6 | | |
| 87 Fr | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 8 | | | 1 |
| 88 Ra | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 8 | | | 2 |
| 89 Ac | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 8 | | 1 | 2 |
| 90 Th | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | | 8 | | 2 | 2 |
| 91 Pa | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 2 | 8 | | 1 | 2 |
| 92 U | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 3 | 8 | | 1 | 2 |
| 93 Np | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 5 | 8 | | | 2 |
| 94 Pu | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 6 | 8 | | | 2 |
| 95 Am | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 7 | 8 | | | 2 |
| 96 Cm | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 7 | 8 | | 1 | 2 |
| 97 Bk | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 9 | 8 | | | 2 |
| 98 Cf | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 10 | 8 | | | 2 |
| 99 En | 2 | 8 | | | 18 | | | 42 | | | 18 | | | 11 | 8 | | | 2 |
| 100 Fm | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 12 | 8 | | | 2 |
| 101 Md | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 13 | 8 | | | 2 |
| 102 No | 2 | 8 | | | 18 | | | 32 | | | 18 | | | 14 | 8 | | | 2 |

থাকে। এইভাবেই সমস্ত মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস হইয়াছে। বিভিন্ন মৌলের এখানে পরমাণুর ইলেকট্রন-সজ্জা দেখান হইল।

যে সকল মৌলের ক্ষেত্রে পরমাণুর একটি ভিতরের d অথবা f-অনুস্তর সম্পূর্ণ ভরে নাই অথচ বাহিরের স্তরের s-অনুস্তরের, কিংবা বাহিরের স্তরের s এবং p উভয় স্তরই পূর্ণ হইয়া গিয়াছে, যেমন Sc হইতে Cu পর্যন্ত, তাহাদের ধর্মের অনেক বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায়। এই অবস্থার মৌলগুলিকে 'সন্ধিগত-মৌল' বা transitional elements বলা হয়। Y(39) হইতে Ag(47) ; La(57) হইতে Pt(78) পর্যন্ত মৌলগুলিও সন্ধিগত-মৌল।

সিরিয়াম (58) হইতে Lu(71) এই চৌদ্দটি মৌলের 4f-অনুস্তর আংশিক পূর্ণ কিন্তু 5s, 5p এবং 6s পূর্ণ হইয়া আছে। ইহাদের একেবারে বাহিরের ইলেকট্রন-বিন্যাস সম্পূর্ণ একরকম কিন্তু ভিতরের অনুস্তর খালি থাকাতে উহাতে ধীরে ধীরে ইলেকট্রন বাসা বাধিতেছে। এই চৌদ্দটি মৌলের এই জন্য রাসায়নিক ধর্ম প্রায় একই। ইহাদের বলা হয়, 'বিরল-মৃত্তিক-মৌল' (Rare-earth elements)। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল-গুলি এই একই নিয়মের ইলেকট্রন-বিন্যাস অনুসরণ করে, উহাদের সাধারণ নাম হইয়াছে —'অ্যাক্‌টিনাইডস্‌'।

**২-২০। ভৌত এবং রাসায়নিক পারমাণবিক গুরুত্ব।** অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের পরিপ্রেক্ষিতে অন্যান্য মৌলের পাঃ গুরুত্ব সচরাচর নির্ণয় করা হইত। অক্সিজেন মৌলের পাঃ গুরুত্ব ধরা হইত 16. এই হিসাবেই অন্যান্য মৌলের পাঃ গুরুত্ব নির্ধারিত হইত। ইহাকে বলা হইত 'রাসায়নিক পাঃ গুরুত্বের স্কেল'। কিন্তু গিকি এবং জনস্টন (1929) দেখাইলেন, ঐ অক্সিজেন মৌলে বস্তুতঃ তিন রকমের আইসোটোপ আছে, $O^{16}$, $O^{17}$, $O^{18}$। ইহাদের অনুপাত মোটামুটি শতকরা ভাগে যথাক্রমে, 99.76, 0.04 এবং 0.20। ভৌতিক বিচারে যদি $O^{16}$-এর পারমাণবিক গুরুত্ব, $O^{16} = 16$ ধরা হয়, তাহা হইলে সাধারণ অক্সিজেন মৌলের পাঃ গুরুত্ব হইবে (আইসোটোপ থাকার জন্য) 16.0044। এই এককের হিসাবে অন্যান্য মৌলের যে পাঃ গুরুত্ব স্থির হইল, তাহাকে বলা হইত, 'ভৌত পাঃ গুরুত্ব'। অতএব, কোন মৌলের ভৌত পাঃ গুরুত্ব রাসায়নিক পাঃ গুরুত্বের অপেক্ষা, 16.0044/16.0000 (= 1.00027) গুণ বেশী হইবে। বস্তুতঃ এই দুই প্রকার পাঃ গুরুত্বের একক ব্যবহারের ফলে পাঃ গুরুত্ব বিষয়ে অনেক সময়ে বিভ্রান্তি দেখা যাইত। এইজন্য 1961 সন হইতে একটি একীভূত স্কেল বা এককের প্রবর্তন হইয়াছে। ইহাতে পাঃ গুরুত্বের এককের জন্য ধরা হইয়াছে, $C^{12} = 12$। এই নূতন স্কেলে রাসায়নিক এবং ভৌত পাঃ গুরুত্বের অসমতা খুবই কমিয়া গিয়াছে। দুইরকম পাঃ গুরুত্বের ব্যতিক্রম এখন লক্ষভাগে চারভাগ মাত্র (43 in 1000,000)।

**২-২১। পরমাণুর ভর-ত্রুটি। সংকুলান-অঙ্ক।** আইসোটোপ আবিষ্কৃত হওয়ার পর, বিভিন্ন মৌলের পাঃ গুরুত্ব পরীক্ষা করিয়া অ্যাস্টন বলিলেন, "প্রকৃতপক্ষে সমস্ত পরমাণুর গুরুত্ব পূর্ণসংখ্যা হইবে। কিন্তু মৌলের মধ্যে অসম পরিমাণে বিভিন্ন আইসোটোপ থাকার দরুণ পাঃ গুরুত্ব ভগ্নাংশ হয়, পূর্ণসংখ্যা হয় না।"

ইহা ছাড়াও, পাঃ গুরুত্ব আর একটি ব্যাপারের উপর নির্ভর করে। পারমাণবিক ভরের এককের হিসাবে প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন ইত্যাদির ওজন, $p = 1.00758$, $n = 1.00893$ এবং $e = 0.0005486$। অতএব কোন পরমাণুর পাঃ গুরুত্ব উহার প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রন সংখ্যা হইতে গণনা করা যায়। কিন্তু এই গণিত ফল (M) এবং উহার নির্ণীত আইসোটোপ জনিত প্রকৃত ভর (A)—এই দুইয়ের পার্থক্যটুকুকে বলা হয় ভর-ত্রুটি বা mass defect ($\triangle$)।

$$\therefore \quad \triangle = M - A$$

যেমন ${}_{3}^{7}Li$ এই পরমাণুর ভর হইবে,

$$3 \times 0.0005486 + 3 \times 1.00758 + 4 \times 1.00893 = 7.0601058$$

কিন্তু উহার প্রকৃত ভর হইতেছে, 7.01818, ($O^{16} = 16$, এককে)।

$$\therefore \quad \text{পরমাণুটির ভর-ত্রুটি, } \triangle = 7.0601058 - 7.01818$$
$$= 0.0419258 \text{ পাঃ ভঃ একক (amu)}$$

প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদির সম্মিলনের কালে উহাদের সামান্য ভর 'বন্ধনশক্তি'তে রূপান্তরিত হইয়া থাকে, ($E = \triangle M.c^2$)। ইহাই ভর-ত্রুটির হেতু।

প্রতি পাঃ ভরের একক শক্তিতে রূপান্তরিত হইলে 931Mev শক্তি পাওয়া যায়। অতএব, উপরোক্ত লিথিয়াম পরমাণুর বন্ধন-শক্তি (binding energy) হইবে।

$$E_b = 0.0419258 \times 931 = 39.03 \text{ Mev}$$

ভর-ত্রুটিকে নিউক্লিয়াসের কণার সংখ্যা বা ভর-সংখ্যা (Mass number) দ্বারা ভাগ করিলে যে ভগ্নাংশ পাওয়া যায় তাহাকে অ্যাস্টন নাম দিয়াছিলেন প্যাকিং ফ্র্যাকসন (packing fraction) বা **সংকুলন অঙ্ক** (f)।

$$f = \frac{M-A}{A} \times 10^4 = \frac{\cdot 0419258}{4} \times 10^4 = 104.81$$

অর্থাৎ, সংকুলন-অঙ্ক প্রতি কণার গড় ভর-ত্রুটি। এই অঙ্ক অত্যন্ত ক্ষুদ্র বলিয়া $10^4$-দ্বারা গুণ করিয়া উহা প্রকাশ করা হইয়াছে।

পরিচ্ছেদ ৩

# যোজ্যতা। রাসায়নিক বন্ধন

৩-১। যোজ্যতা। বিভিন্ন মৌলের যে সকল পরমাণু অপর একটি মৌলের একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তাহাদের সংখ্যা এক নয়। যেমন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন সকলেই হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া নানা যৌগ সৃষ্টি করে। কিন্তু এই বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণু এই সকল রাসায়নিক সংযোগে বিভিন্ন সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে সংযুক্ত হয়। যথা:

| | যৌগ | সংকেত | একটি পরমাণুর সঙ্গে মিলিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা |
|---|---|---|---|
| (১) | হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড | $HCl$ | 1 |
| (২) | জল | $H_2O$ | 2 |
| (৩) | অ্যামোনিয়া | $NH_3$ | 3 |
| (৪) | মিথেন | $CH_4$ | 4 |

অতএব বিভিন্ন মৌলের হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হওয়ার ক্ষমতা এক নয়। মৌলের রাসায়নিক সংযোগের এই ক্ষমতাকে বলা হয় উহার যোজ্যতা। সাধারণভাবে কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা হাইড্রোজেনের ভিত্তিতে স্থির করা হয়। মৌলের একটি পরমাণুর সঙ্গে যতটা হাইড্রোজেন পরমাণু মিলিত হয় তাহাই উহার যোজ্যতা। যেমন, জলের অণুতে একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত, অতএব অক্সিজেনের যোজ্যতা 'দুই'। যদি কোন মৌল হাইড্রোজেনের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত না হয়, তাহা হইলে উহার পরমাণু কয়টি ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে সংযুক্ত হয় বা উহা কোন যৌগ হইতে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে তদ্দ্বারা ঠিক করা হয়। যেমন, গোল্ডের একটি পরমাণু তিনটি ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয় ($AuCl_3$), সুতরাং উহার যোজ্যতা তিন। আর একটি জিঙ্ক পরমাণু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করে; উহার যোজ্যতা দুই। কোন কোন মৌলের, যথা নাইট্রোজেন, আয়রন, সালফার ইত্যাদির, একাধিক প্রকারের যোজ্যতা থাকা সম্ভব। যেমন, $FeO(2)$, $Fe_2O_3(3)$; $NH_3(3)$, $N_2O_5(5)$।

উপরে যোজ্যতার যে ব্যাখ্যা দেওয়া হইল তাহা একটি সাধারণ স্থূল-সংজ্ঞা। ইহা হইতে মোটামুটি একটি ধারণা করা যায় মাত্র। কার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে নানা যৌগ আছে; যেমন, $C_6H_6$, $C_2H_4$, $CH_4$ ইত্যাদি। মনে হয়, কার্বনের যোজ্যতা 1, 2, 4 ইত্যাদি হইতে পারে। বস্তুতঃ কার্বনের যোজ্যতা সর্বদাই চার। রাসায়নিক বন্ধন যোজ্যতানির্ভর। যোজ্যতা বস্তুতঃ পরমাণুগুলির গঠন-বিন্যাসের উপর নির্ভর করে।

যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ। দুইটি পরমাণু যখন যুক্ত হয় তখন পরমাণু দুইটির ইলেকট্রন এই সংযোগে অংশ গ্রহণ করে। রাসায়নিক বন্ধনে পরমাণুগুলির ইলেকট্রনের প্রতিবিন্যাস ঘটে। ইলেকট্রনের সুশৃঙ্খল এবং সুনির্দিষ্ট সমাবেশদ্বারাই দুইটি পরমাণুর মধ্যে

মিলন ( বা বন্ধন ) রচিত হয়। পরমাণুর ইলেকট্রনগুলি K, L, M, N . . . প্রভৃতি বিভিন্ন স্তরে থাকে। কিন্তু আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে কোন পরমাণুর সর্ববহিস্থ কক্ষপথে বাস্তবে আটটির অধিক ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে যে কয়টি ইলেকট্রন থাকে তাহারাই রাসায়নিক বন্ধনে অংশ গ্রহণ করে। অতএব এই সবচেয়ে বাহিরের স্তরের ইলেকট্রনগুলিকে 'যোজক-ইলেকট্রন' (valency electrons) বলা হয়। সর্ব-বহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন-সংখ্যার উপর মৌলের যোজ্যতা নির্ভর করে।

আমরা দেখিয়াছি, হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর সবচেয়ে বাহিরের স্তর আটটি ইলেকট্রন-দ্বারা পরিপূর্ণ। সেখানে আর ইলেকট্রন-সমাবেশ করার স্থান নাই। বাহিরের স্তরটি ইলেকট্রনে পরিপূরিত থাকার জন্য উহাদের কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া করিতে দেখা যায় না। উহারা সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়, পরমাণুগুলি সুস্থির। হিলিয়ামের কেবল K-স্তর আছে। উহাও দুইটি ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ। অন্য যে কোন পরমাণুর বাইরের স্তরে আটটি ইলেকট্রন থাকিবে না। উহাদের বাহিরের স্তরের ইলেকট্রন-সংখ্যা 'এক হইতে সাত'-এর মধ্যে হইবে।

বিজ্ঞানীদের ধারণা, অন্যান্য পরমাণুগুলিও উহাদের বাহিরের বেষ্টনী বা স্তরকে ইলেকট্রনদ্বারা পরিপূর্ণ করিয়া রাখিতে চাহে। অর্থাৎ নাইট্রোজেন, সোডিয়াম, ক্লোরিন, ইত্যাদি যে সমস্ত মৌলের পরমাণুতে সর্ববহিস্থ স্তরে ৮টির অনধিক ইলেকট্রন আছে, তাহারাও নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত গঠন আকাংক্ষা করে। উহাদেরও সবচেয়ে বাহিরের স্তরে ৮টি ইলেকট্রন ধারণ করার প্রচেষ্টা দেখা যায়। ইহা একটা স্বাভাবিক নিয়ম। ইহা করিতে হইলে, এই পরমাণুগুলিকে স্বভাবতঃই ইলেকট্রন গ্রহণ বা দান করিতে হইবে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যাইতে পারে, সোডিয়ামের $(2+8+1)$, বাহিরের M-স্তরে একটি-মাত্র ইলেকট্রন আছে। যদি উহা কোন উপায়ে অপর কাহাকেও দিতে পারে তবে উহা নিয়ন-পরমাণুর কাঠামো পাইতে পারে।

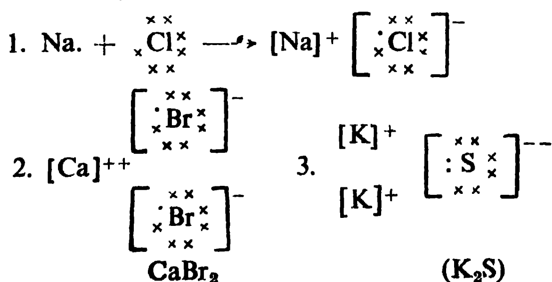
আবার ক্লোরিন পরমাণু $(2+8+7)$ অন্য কোন পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন পাইলে (যেমন সোডিয়াম হইতে), উহার M-স্তরটি ইলেকট্রন পরিপূর্ণ হইয়া যায় এবং উহা নিষ্ক্রিয় আরগনের কাঠামো গ্রহণ করিতে পারে। সরাসরি আদান-প্রদান ছাড়াও ইলেক-ট্রনগুলির অন্যান্য রকমের সমাবেশ হইতে পারে। মোট কথা, রাসায়নিক মিলনে ইলেকট্রনগুলির স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। বিভিন্ন পরমাণুর সংযোজনকালে এই পরিবর্তন সচরাচর নিম্নলিখিত তিনটি উপায়ে সাধিত হয়। (ক) ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা বা তড়িৎযোজী বন্ধতা (খ) সমযোজ্যতা বা সহযোজী বন্ধতা এবং (গ) অর্ধ-ধ্রুবীয় বন্ধতা বা অসমযোজ্যতা। আর ইহাদের সাহায্যেই আধুনিক কালে 'যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ' প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে।

**৩-২। ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা (Electrovalency)।** কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মিলনের সময় একটি পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপর পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। একটি পরমাণু উহার শেষ স্তর হইতে ইলেকট্রন দান করে এবং অপর পরমাণু উহা গ্রহণ করে এবং নিজের বেষ্টনীতে রাখে। কসেলের মতবাদ (1916)

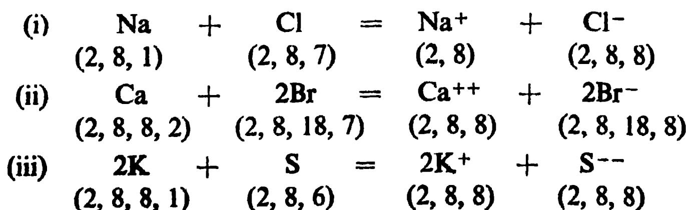
অনুসারে ইলেকট্রনের এই দেওয়া-নেওয়া এমনভাবে সম্পন্ন হয় যে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু-কাঠামো বা সংবদ্ধ ইলেকট্রনীয় গঠন পাইয়া থাকে। এইরূপ যোজ্যতাকে 'ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা' বলা হইয়া থাকে। প্রায়ই দেখা যায় ধাতব পদার্থ সমূহের বহিঃপ্রান্তে অপেক্ষাকৃত কম ইলেকট্রন থাকে (১ হইতে ৩)। এইসব মৌলিক পদার্থ সহজেই উক্ত ইলেকট্রনগুলি অপরকে দান করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো ধারণ করে। অন্যদিকে অক্সিজেন, ক্লোরিন, ইত্যাদি অধাতুসমূহে শেষ বেষ্টনীতে অধিক ইলেকট্রন থাকে এবং দুই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলেই উহারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো পাইতে পারে। সুতরাং সাধারণ নিয়মে ধাতু সকল ইলেকট্রন দেয় এবং অধাতু-সমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে। ইলেকট্রনের বিদ্যুৎ না-ধর্মী; অতএব ইলেকট্রন দান বা ত্যাগের ফলে ধাতুর পরমাণুটি পরাবিদ্যুৎসম্পন্ন হইয়া পড়ে। ইহাকেই আমরা আয়ন বলি। আবার সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করার ফলে অধাতুর পরমাণুর বিদ্যুৎভার না-ধর্মী হইয়া পড়ে; অর্থাৎ, উহারা অপরাবিদ্যুৎসম্পন্ন আয়ন সৃষ্টি করে। এইজন্য এইরূপ যোজ্যতাকে 'আয়নিক যোজ্যতা'ও বলা হয়। এই বিপরীতধর্মী ধাতু এবং অধাতুর আয়নগুলি পরস্পরের আকর্ষণে মিলিত থাকে এবং যৌগিক অণুর সৃষ্টি করে। কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় তাড়িত-আকর্ষণের হ্রাসহেতু যুক্ত-আয়নগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে।

পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে যত ইলেকট্রন থাকে উহাই সাধারণতঃ উহার যোজ্যতা। যেমন ক্যালসিয়ামের সর্বশেষ স্তরে দুটি ইলেকট্রন আছে (Ca, 2,8,8,2), অতএব উহার যোজ্যতা দুই। আবার কোন কোন সময়ে বিশেষতঃ অধাতুর ক্ষেত্রে যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরের ৮টি স্থান পূর্ণ হইবে, তাহাই উহার যোজ্যতা হইবে। যেমন, সালফারের (S, 2,8,6) পরমাণু ২টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া উহার স্তর পূর্ণ করে, সুতরাং উহার যোজ্যতা দুই।

এখানে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল:



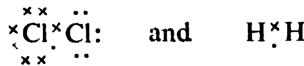

এই বিক্রিয়াগুলিকে আমরা লিখিতে পারি:



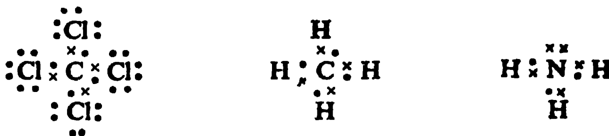
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (i) | Na | + | Cl | = | $Na^+$ | + | $Cl^-$ |
| | (2, 8, 1) | | (2, 8, 7) | | (2, 8) | | (2, 8, 8) |
| (ii) | Ca | + | 2Br | = | $Ca^{++}$ | + | $2Br^-$ |
| | (2, 8, 8, 2) | | (2, 8, 18, 7) | | (2, 8, 8) | | (2, 8, 18, 8) |
| (iii) | 2K | + | S | = | $2K^+$ | + | $S^{--}$ |
| | (2, 8, 8, 1) | | (2, 8, 6) | | (2, 8, 8) | | (2, 8, 8) |

দেখা যাইতেছে সর্বত্রই সংযোগের ফলে প্রত্যেক আয়নের সর্ববহিস্থ স্তরে আটটি ইলেকট্রন আছে। প্রত্যেক আয়নেরই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর কাঠামো লাভ হইয়াছে। এই কারণেই আয়নের ধর্ম পরমাণুর ধর্ম হইতে স্বতন্ত্র এবং আয়নগুলি সুস্থির।

**৩-৩। সমযোজ্যতা (Covalency)।** অনেক ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু যখন সংযোজিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া এক ইলেকট্রন যুগল সৃষ্টি করে। এই ইলেকট্রন-যুগল পরমাণু দুইটির মধ্যস্থলে থাকিয়া তাহাদের রাসায়নিক সংযোগ ঘটায়। এই দুইটি ইলেকট্রনকে প্রত্যেক পরমাণুরই অন্তর্ভুক্ত বলিয়া মনে করা হয় এবং তাহার ফলে উভয় পরমাণুর বাহিরের পরিধিতে পূর্ণসংখ্যক (৮টি) ইলেকট্রন থাকে। লুই-এর মতবাদ অনুযায়ী এইভাবে যৌগ গঠনের কালে এক বা একাধিক ইলেকট্রন জোড়কে উভয় পরমাণুর সঙ্গেই ব্যবহার করিয়া দুইটি পরমাণুই নিকটতম সংবদ্ধ ইলেকট্রনীয় গঠন পাইতে পারে, অর্থাৎ, দুইটি পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর কাঠামো পায়। দুইটি পরমাণু পরস্পরের নিকট হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না এবং পরমাণুগুলির বিদ্যুৎমাত্রার কোন তারতম্য হয় না। ইহাকে 'সমযোজ্যতা' বলে। যেমন, হাইড্রোজেন অথবা ক্লোরিনের অণুতে:



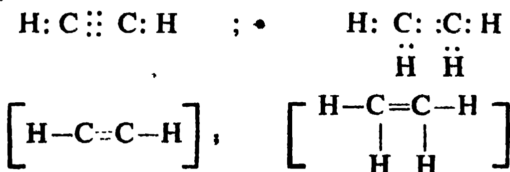

অথবা, মিথেন, কার্বনটেট্রাক্লোরাইড বা অ্যামোনিয়ার অণুতে:




চিত্র ৩-ক। সমযোজ্যতা (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, মিথেন ও অ্যামোনিয়া)

স্পষ্টতঃই দেখা যায় যদি বন্ধনী ইলেকট্রন-দ্বয়কে উভয় পরমাণুর সঙ্গেই যুক্ত আছে বলিয়া মনে করা হয়, তাহা হইলে যৌগ পদার্থের প্রত্যেক পরমাণুর বেষ্টনীতেই ৮টি ইলেকট্রন থাকিবে। আমরা যে যোজক বা বাহুর কল্পনা করি, তাহা এই যুগ্ম-ইলেকট্রন ছাড়া আর কিছুই নয়। দুইটি পরমাণুর ভিতর যে যোজক থাকে তাহা দুইটি ইলেকট্রনের সমবায় নির্দেশ করে মাত্র।

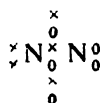
কোন কোন সময় দুইটি পরমাণু যখন মিলিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু একাধিক ইলেকট্রন দিয়া উহাদের মধ্যকার মিলন-সেতু বা বন্ধনী রচনা করে। যেমন, অ্যাসিটিলিনের দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে ৬টি ইলেকট্রন যোজকের কাজ করে। (ইথিলীনেও অনুরূপ অবস্থা)।



এই অ্যাসিটিলিন অণুতে কার্বন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে দুইটি মাত্র ইলেকট্রন আছে—(একটি কার্বন হইতে এবং অপরটি হাইড্রোজেন হইতে) —সুতরাং একজোড়া ইলেকট্রন হইতে একটি বন্ধনী বা যোজকের সৃষ্টি হইয়াছে। আবার, দুইটি কার্বন পরমাণুর ভিতর ছয়টি ইলেকট্রন (তিন জোড়া) তিনটি বন্ধনীর সৃষ্টি করিয়াছে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে সমযোজ্যতার ফলে প্রত্যেক কার্বনের ৮টি ইলেকট্রন আছে। অর্থাৎ, H—C≡C—H হইয়াছে।

এইরূপ আরও উদাহরণ দেওয়া যায়—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অণুতে দ্বিযোজী এবং ত্রিযোজী বন্ধনী রহিয়াছে :





ইলেকট্রনীয় যোজ্যতাকে অনেক সময় 'আয়ন যোজ্যতা' (ionic bond) বলে। সমযোজ্যতাকে বলা হয় পারমাণবিক যোজ্যতা (atomic bond)। এই দুই প্রকারের যোজ্যতার ফলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাদের ধর্মেরও অনেক বৈষম্য দেখা যায়।

**আয়নিক-যৌগ এবং সমযোজী যৌগগুলির ধর্মের বৈশিষ্ট্য :**

(ক) আয়নীয় বন্ধন-যুক্ত অণুতে প্রতিটি আয়ন উহার চতুর্দিকে বিপরীত আধানযুক্ত আয়নদ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে, এই কারণে আয়নগুলির পারস্পরিক বন্ধন তত দৃঢ় নয় এবং তড়িৎ যোজ্যতা একাভিমুখী নয়। আয়নিক যৌগগুলি কঠিন অবস্থায় তড়িৎ-পরিবাহী নয় কিন্তু গলিত বা দ্রব অবস্থায় তাহারা বিদ্যুৎ-পরিবাহী। এই সকল অণুর মধ্যে পরাবিদ্যুতের এবং অপরাবিদ্যুতের আধান ধ্রুবিত (polarised)। প্রত্যেক অণুই ছোট চুম্বক দণ্ডের মত ব্যবহার করে। এই কারণে অণুগুলির পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণ অধিকতর। সেইজন্য উহাদের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক অধিক হয়। উহারা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী। এই সকল যৌগ সাধারণতঃ জৈব-দ্রাবকে অদ্রবণীয়, কিন্তু জল, অ্যালকোহল প্রভৃতি ধ্রুবীয় দ্রাবকে (polar solvent) সহজে দ্রবণীয়।

(খ) সমযোজী যৌগগুলির বিদ্যুৎপরিবাহিতা থাকে না। কারণ উহারা বিচ্ছিন্ন হইয়া আয়নে বিয়োজিত হইতে অক্ষম। আয়নযোজী বন্ধন অপেক্ষা সমযোজী বন্ধন অনেক দৃঢ়। প্রতিটি সমযোজী বন্ধন অবশ্যই একাভিমুখী। কিন্তু অণুগুলির ভিতর পারস্পরিক বন্ধন অপেক্ষাকৃত শিথিল। ফলে, একটি অণু হইতে অপর অণুকে পৃথক করিতে কম শক্তির প্রয়োজন। এই কারণেই উহারা অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় গলে ও বাষ্পীভূত হয়। জৈব দ্রাবকে যেমন, বেনজিন, ইথার প্রভৃতিতে উহারা সহজেই দ্রব হয়।

সমযোজী যৌগের মধ্যে বিন্যাস-সমাবয়বতা (stereo-isomerism) হইতে পারে। কিন্তু বিশুদ্ধ আয়নিক যৌগে এই বিন্যাস-সমাবয়বতা কখনও দেখা যায় না।

NaCl এবং $CCl_4$ এর ধর্মের তুলনা করিলেই এই দুইরকম যোজ্যতা-জনিত ধর্মের পার্থক্য বোঝা যাইবে।

| $NaCl$ | $CCl_4$ |
|---|---|
| (১) $Na^+$ এবং $Cl^-$ আয়ন দ্বারা গঠিত; কেলাসেও আয়ন বিদ্যমান। | (১) কোন আয়ন নাই, অণু দ্বারা গঠিত। কেলাসেও অণুই থাকে। |
| (২) তড়িৎবিশ্লেষ্য | (২) তড়িৎবিশ্লেষ্য নয় |
| (৩) সাধারণ উষ্ণতায় কঠিনাকার | (৩) সাধারণ উষ্ণতায় তরল, কঠিন অবস্থায়ও নরম |
| (৪) গলনাঙ্ক 803°C; স্ফুটনাঙ্ক 1430°C | (৪) গলনাঙ্ক −28°C; স্ফুটনাংক 77°C |
| (৫) জলে দ্রবণীয়, বেনজিনে অদ্রাব্য। | (৫) জলে অদ্রবণীয়, বেনজিনে দ্রাব্য। |

অনেক যৌগের ভিতরে আবার সমযোজ্যতা এবং আয়নীয় যোজ্যতার চরিত্রের যুগপৎ বিকাশ পরিলক্ষিত হয়। যদি সমযোজ্যতার ধর্মের প্রাধান্য বেশী থাকে তবে আমরা উহাকে সমযোজী যৌগ বলি, পক্ষান্তরে, আয়নযোজী ধর্মের আধিক্য থাকিলে উহাকে আয়নীয় যৌগ বলিয়া ধরা হয়। যেমন, $CHCl_3$ সমযোজী এবং $KCl$ আয়নীয় যৌগ। অবস্থাভেদে, বিশেষতঃ দ্রাবকের প্রভাবে যৌগের সমযোজ্যতা হ্রাস পাইয়া আয়ন-যোজ্যতার প্রকৃতি বৃদ্ধি পাইতে পারে। আবার, উহার বিপরীতও হইতে পারে। যেমন, $HCl$ একটি সমযোজী যৌগ, কিন্তু জলীয় দ্রবণে উহার অণু আয়নিত হইয়া যায় এবং সম্পূর্ণরূপে উহার আয়নীয় চরিত্র প্রকাশ পায়। জলের উচ্চ বৈদ্যুৎ-ধ্রুবকের (Dielectric Constant) জন্য অণুর বিপরীত মেরুর আকর্ষণ হ্রাস পায়, তাই উহা আয়নিত হইতে পারে। $FeCl_3$, $HgCl$, $AlCl_3$, ইত্যাদির এরূপ পরিবর্তন দেখা যায়। আবার $NaCl$ জাতীয় আয়ন-যৌগকে যদি অধ্রুব-দ্রাবকে (non-polar solvent) দ্রবীভূত করা হয়, উহাদের আয়নধর্মের পরিবর্তে সমযোজী চরিত্র দৃষ্ট হয়।

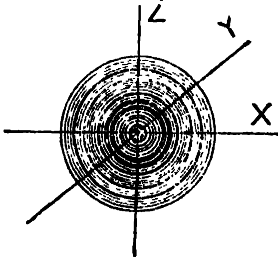
আয়নীয় যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতার সংগঠন কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভর করে। ফ্যাজান এই শর্তগুলি একটি সূত্রাকারে (Fajan's rule) প্রকাশ করেন। ফ্যাজান বলেন, (১) ধনাত্মক আধানের কম মাত্রা, ধনাত্মক আয়নের বৃহদাকার ও ঋণাত্মক আয়নের ক্ষুদ্রতা আয়নীয় যোজক গঠনের অনুকূল। পক্ষান্তরে, (২) বেশী মাত্রার ধনাত্মক আধান এবং উহার ছোট আকার ও ঋণাত্মক আয়নের বড় আয়তন, সমযোজ্যতা গঠনের সহায়ক।

একটি কম মাত্রার ক্যাটায়ন যদি একটি বৃহদাকার অ্যানায়নের সমীপবর্তী থাকে, তাহা হইলে ধনাত্মক আয়ন অ্যানায়নের ইলেকট্রন আকর্ষণ করিয়া উহার আকারের বিকৃতি (deformation) সাধন করে। ক্যাটায়নের আধান যত বেশী হইবে এবং অ্যানায়নের আকার যত বড় হইবে এই বিকৃতিও অধিকতর হইবে এবং পরিশেষে আয়নযোজক সমযোজকে পরিণত হইবে (চিত্র ৩-খ)।



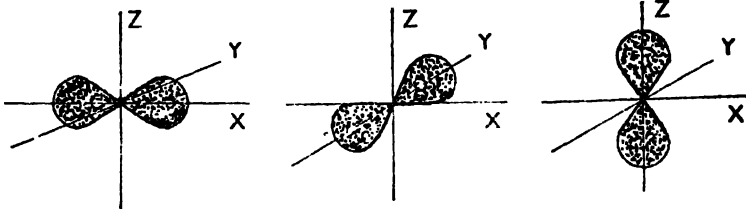

চিত্র ৩-খ। আয়নযোজ্যতার সমযোজ্যতায় পরিণতি

**সমযোজ্যতার আধুনিক ব্যাখ্যা :** ব'য়র—বেরীর প্রস্তাব অনুযায়ী ইলেকট্রন বিভিন্ন কক্ষপথে বিচরণ করে, ইহা ধরিয়াই আমরা যোজ্যতার ব্যাখ্যা করিয়াছি। কিন্তু কোয়া-ন্টাম-মেকানিক্স্ বিজ্ঞান এই ক্ষুদ্রকণার ক্ষেত্রে প্রয়োগ করিতে গিয়া হাইসেনবার্গ দেখান, কোন এক নির্দিষ্ট মুহূর্তে ইলেকট্রনটির নির্দিষ্ট অবস্থান জানা সম্ভব নয়। কেবলমাত্র উহার আনুমানিক অবস্থিতির ধারণা করা সম্ভব। সুতরাং আজকাল মনে করা হয়, কোন ইলেকট্রনের অপরা-বিদ্যুৎভার নিউক্লিয়াসের সান্নিধ্যে কোন একটা চিহ্নিত এলাকার মধ্যে বিস্তারিত হইয়া থাকে। যেমন, হাইড্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্রে আছে একটি প্রোটন। উহার চারিদিকে একটি গোলকাকার স্থান বা এলাকা জুড়িয়া এক একক অপরা-বিদ্যুৎ পরিব্যাপ্ত হইয়া রহিয়াছে। এই বিদ্যুৎ-ভারের ঘনত্ব বা প্রাবল্য দূরত্বের সঙ্গে পরিবর্তনশীল। পাশের চিত্র হইতে ইহার একটা মোটামুটি ধারণা পাওয়া যাইবে। এই অপরা বিদ্যুৎপৃষ্ট এলাকাকে বলা হয় orbital বা **কক্ষক।** ইহাই ইলেকট্রনের আধানের নিবেশ। চিত্রে কক্ষকের গাঢ়তর অঞ্চলে বিদ্যুৎমাত্রার আধিক্য। এবং সেই অঞ্চলেই ইলেকট্রনের থাকার সম্ভাব্যতা সমধিক।



চিত্র ৩-গ। হাইড্রোজেনের z-কক্ষক

যে কোন মুখ্য স্তরের s-অনুস্তরের ইলেকট্রনের কক্ষক সর্বদাই গোলকাকার। কিন্তু p-অনুস্তরের ইলেকট্রনের অপরাবিদ্যুৎভার ডাম্বেল-আকারের (dumbel-shaped) স্থান

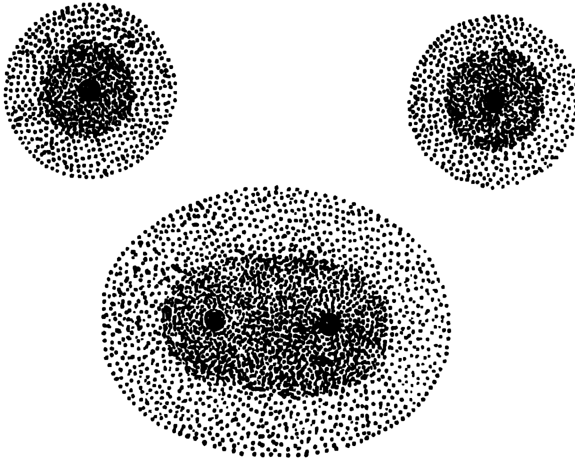


চিত্র ৩-ঘ। তিনরকম p-কক্ষক

জুড়িয়া বিস্তৃত। এই ডাম্বেল কক্ষক আবার তিনদিকবর্তী হইয়া থাকে এবং উহারা পরস্পরের সঙ্গে 90° ডিগ্রি কোণে থাকে। d-অনুস্তরের কক্ষকগুলি আরও জটিল-আকার ধারণ করে।

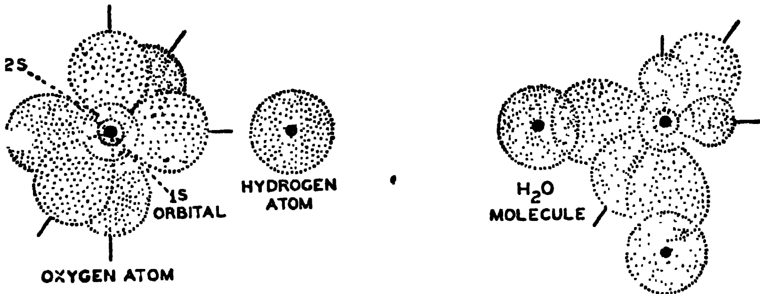
একাধিক পরমাণুর সংযোগকালে উহাদের কোন কোন কক্ষকের পরস্পরের মধ্যে প্রক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলেই বন্ধন সৃষ্টি হয়। সমযোজ্যতা আজকাল কক্ষকের পারস্পরিক অধিক্রমন (hybridisation) দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়। দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যখন একত্র হয় তখন উহাদের গোলকাকার কক্ষকগুলি একটির উপর অপরটি আরোপিত হয় ( চিত্র ৩-ঙ )। কক্ষকদ্বয়ের পরিবিন্যাসের ফলেই পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে যোজক বা বন্ধন সৃষ্টি হয়। যে কোন এইরূপ কক্ষকে সর্বাধিক দুইটি ইলেকট্রনের

অভিনিবেশ সম্ভব। যখনই একটি যোজকের সৃষ্টি হয় তখনই একটি পরমাণুর কক্ষের উপর অন্য পরমাণুর কোন কক্ষকের প্রাবরণ (overlap) হইবেই। যেমন, জলের



চিত্র ৩-ঙ। দুইটি H-পরমাণুর S-কক্ষকের প্রাবরণ

অণু গঠনকালে দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণুর s-কক্ষকের সঙ্গে অক্সিজেন পরমাণুর দুইটি p-কক্ষকের অধিক্রমণ ঘটে এবং দুইটি সমযোজকের সৃষ্টি হয় (চিত্র ৩-চ)।




চিত্র ৩-চ। জলের অণুর গঠন

কক্ষকের অধিক্রমণ হওয়ার জন্য কক্ষকের আকৃতির আংশিক পরিবর্তন ঘটে। কিভাবে এবং কোন কক্ষকের প্রাবরণ হয় তাহার উপর অণুর আকার নির্ভর করে। যেমন, $CO_2$ এবং $H_2O$ উভয়েই সমযোজী অণু, এবং উভয়েতেই তিনটি পরমাণু আছে। কিন্তু $CO_2$-এর অণুর রৈখিক (linear) এবং $H_2O$-এর অণুর কৌণিক গঠন।

৩-৪। অসমযোজ্যতা (Coördinate Covalency)। দুইটি পরমাণু যখন সমযোজ্যতা দ্বারা সংযুক্ত হয়, তখন প্রত্যেকটি পরমাণু হইতে সমানসংখ্যক ইলেকট্রন আসিয়া উভয়ের মধ্যে বন্ধনী রচনা করে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায়, সংযোগের

সময় বন্ধনীর জন্য যে যুগ্ম ইলেকট্রন প্রয়োজন উহা একটি পরমাণু হইতেই আসে, অপর পরমাণুটি কোন ইলেকট্রন দেয় না। কিন্তু দুইটি পরমাণুই ইলেকট্রনযুগলের উপর সমান অধিকার বিস্তার করে, এবং ইলেকট্রন দুইটি সমযোজকের মতই কাজ করে। দ্বিতীয় পরমাণুটি ইলেকট্রন পাইয়া বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় না। এইরূপ সংযোগে যে বন্ধনীর সৃষ্টি হয় তাহাকে **'অসমযোজ্যতা'** বলে। ভার্ণারের সবর্গ-যৌগগুলিতে (Werner's co-ordination compounds) এই ধরণের যোজ্যতার বিশেষ প্রয়োজন। সেইহেতু এই যোজ্যতাকে আবার **'সবর্গ-সমযোজ্যতা'**ও (Co-ordinate Covalency) বলা হয়। যে পরমাণু ইলেকট্রনযুগল দেয়, তাহাকে 'দাতা' (donor) এবং যে পরমাণু উহা গ্রহণ করে তাহাকে 'গ্রহীতা' (acceptor) বলা হয়। এরকম সংযোগে অবশ্যই দাতার একজোড়া ইলেকট্রন থাকা চাই, যাহা অপর কাহারও সহিত যুক্ত নয়, যেমন অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেন পরমাণুর বা জলের অক্সিজেন পরমাণুর আছে:

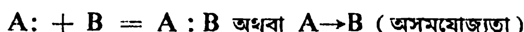


আবার গ্রহীতার সর্ববহিস্থ স্তরে দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণযোগ্য স্থান থাকাও প্রয়োজন।

সমযোজ্যতা এবং অসমযোজ্যতার পার্থক্য নিম্নলিখিত উপায়ে বোঝান যাইতে পারে।



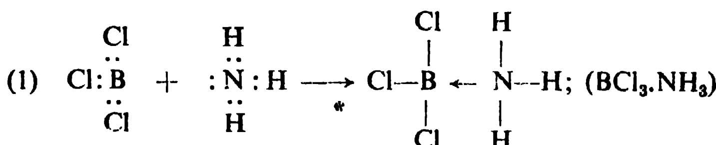
$$A^{\cdot} + {}^{\cdot}B = A:B \text{ অথবা } A-B \text{ (সমযোজ্যতা)}$$

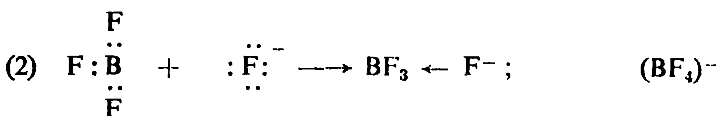


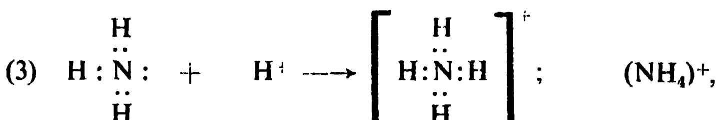
$$A: + B = A:B \text{ অথবা } A\rightarrow B \text{ (অসমযোজ্যতা)}$$

অসমযোজ্যতা নির্দেশ করিতে সচরাচর 'তীর-চিহ্ন' ব্যবহৃত হয়।

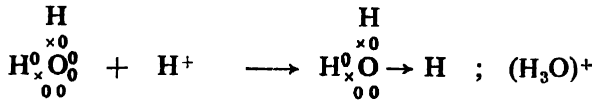
অসমযোজ্যতার উদাহরণ:



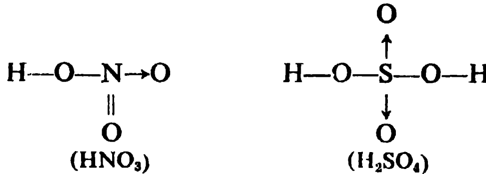




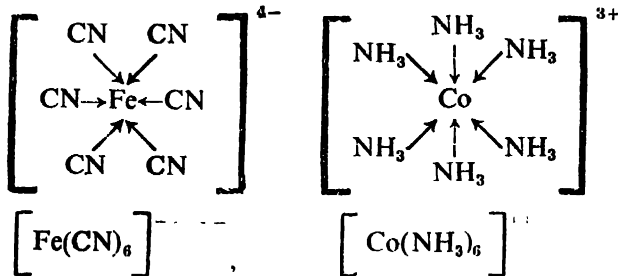
জল অথবা অ্যাসিডে $H^+$-আয়ন আছে। দুইটিমাত্র ইলেকট্রন পাইলেই উহার K-স্তর পূর্ণ হয়; সুতরাং উহার অসমযোজ্যতার সম্ভাবনা সমধিক। অ্যামোনিয়ার নাইট্রোজেনের দুইটি অযুক্ত-ইলেকট্রনকে $H^+$-আয়ন গ্রহণ করে এবং উহার K-স্তর পূর্ণ হয়। জলে হাইড্রোনিয়াম আয়নও এইভাবে হয়।



নাইট্রিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুতেও অসমযোজক বর্তমান ;



সবর্গ-যৌগের জটিল-আয়নে সর্বদাই অসমযোজ্যতা থাকে ; যেমন, ফেরোসায়ানাইড বা কোবাল্টামিন আয়নে ;

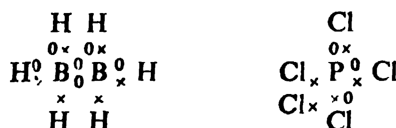


দেখা যায় উদাসীন অণু যথা $NH_3$, $BF_3$, আবার আয়ন যেমন, $NH_4^+$, $BF_4^-$, উভয়ই অসমযোজ্যতাদ্বারা যৌগ উৎপাদনক্ষম। লবণ হাইড্রেট, জটিল সায়ানাইড, কোহল বা ইথারযুক্ত যৌগ সবই এই শ্রেণীতে দেখা যায়। ইহাদের ধর্মের বৈশিষ্ট্য সাধারণভাবে বলা কঠিন। তবে উল্লেখ করা যায়, মোটামুটি ইহাদের ধর্ম সমযোজী যৌগ এবং আয়নিক যৌগের ধর্মের মাঝামাঝি থাকে।

উপরে বর্ণিত এই তিনপ্রকার যোজ্যতা ছাড়া আরও বিশেষ রকমের কয়েকটি যোজ্যতার দ্বারা রাসায়নিক বন্ধন হইতে দেখা যায়।

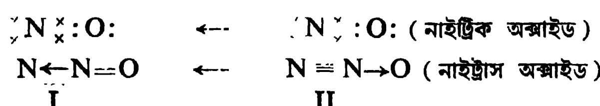
৩-৫। **একক-বন্ধতা (Singlet linkages)।** আয়নিক যোজ্যতায় অথবা সম এবং অসমযোজ্যতায় ইলেকট্রন সমাবেশের অষ্টকনীতি (octet rule) প্রয়োগ করা হইয়াছে। কিন্তু কতকগুলি যৌগ আছে যেখানে কোন পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে আটটির বেশী ইলেকট্রনকে স্থান দেওয়া প্রয়োজন ; যেমন $PCl_5$, $SF_6$, $OsO_8$ ইত্যাদি। ইহারা সমযৌগিক পদার্থ এবং আয়নিত হয় না। অতএব, $PCl_5$-এর ফসফরাসের বাইরের স্তরে দশটি ইলেকট্রন থাকা প্রয়োজন। সেইরূপ $SF_6$-এ, সালফারের বাইরের স্তরে বারটি ইলেকট্রন থাকিবে। সিজউইক (Sidgwick) বলেন, এই সকলক্ষেত্রে অষ্টক-নীতির ব্যতিক্রম হইবে এবং আটটির অধিক ইলেকট্রনকে স্থান দিতে হইবে। কিন্তু সাগ্‌ডেন (Sugden) মনে করেন, কোন কোন বিশেষ ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর বন্ধন একটি মাত্র ইলেকট্রনের মাধ্যমেই হইতে পারে। উহাকে 'একক-বন্ধতা' বলা হইবে। তিনি

দেখান, $B_2H_6$-এ বোরনের সর্ববহিঃস্থ স্তরে কোনরকমেই আটটি ইলেকট্রন সংগ্রহ করা সম্ভব নয়। দুইটি হাইে একটি করিয়া ইলেকট্রনদ্বারা সংযোজিত হইয়া থাকিতে হইবেই :

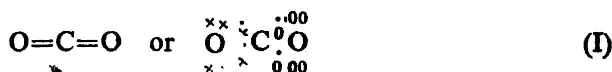


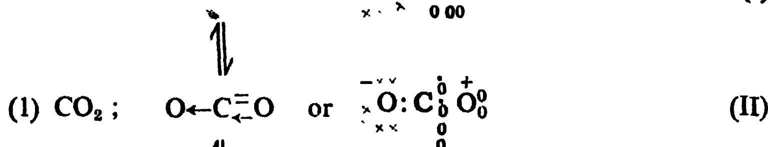
সেইরূপ $PCl_5$-এও দুইটি একক-বন্ধনী থাকিবে। অধুনা অবশ্য কোয়ান্টাম-মেকানিক্স এবং সংস্পন্দনের সাহায্যে এইরূপ যোজ্যতার অন্যরকম ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হইয়াছে।

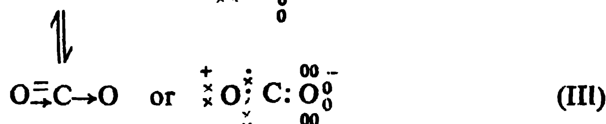
৩-৬। সংস্পন্দন (Resonance)। কোন কোন অণুতে পরমাণুগুলির সংযোজনা-ইলেকট্রনগুলির বিভিন্ন রকমের বিকল্প সমাবেশ সম্ভব। পরমাণুগুলি স্বস্থানেই থাকে কিন্তু উহাদের বন্ধনী-ইলেকট্রনগুলির সজ্জা বিভিন্ন হইতে পারে। ইহাতে অষ্টক-নীতির কোন ব্যতিক্রম হয় না। কিন্তু যোজক বা বন্ধনীগুলি আলাদা রকমের হয়। যেমন, নাইট্রাস ও নাইট্রিক অক্সাইডে দেখা যায় :



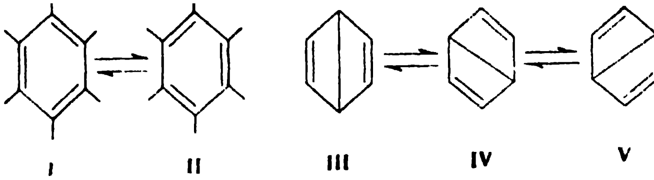
দেখা যাইতেছে, নাইট্রাস অক্সাইডের দুইপ্রকার অণু সম্ভব। যেহেতু উহাদের ইলেকট্রনীয় গঠন পৃথক, সুতরাং উহাদের ধর্মেরও পার্থক্য থাকিবে। কিন্তু বাস্তবিকপক্ষে কতকগুলি অণু একরকম এবং অপর কতকগুলি দ্বিতীয় রকমের তাহা নয়। নাইট্রাস অক্সাইডের সত্যিকার ইলেকট্রন সমাবেশ এই দুই রকমের মাঝামাঝি এবং উহার ধর্মও এই দুই-প্রকার অণুর ধর্মের গড়। ইহাকেই বলা হয় 'সংস্পন্দন', যেন অণুর ইলেকট্রনগুলি এই দুই ব্যবস্থার মধ্যে অহরহ স্পন্দিত হইতেছে। সংস্পন্দন-জাতীয় অণুর সচরাচর স্থায়িত্ব বা সুস্থিরতা খুব বেশী। সংস্পন্দনের আরও বহু দৃষ্টান্ত দেওয়া যায়, $CO_2$, $C_6H_6$, $O_3$ প্রভৃতির অণুতে সংস্পন্দন বিদ্যমান।







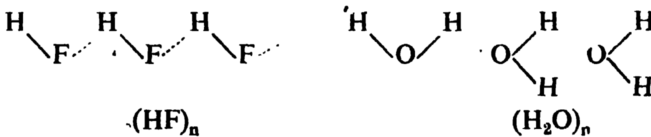
(2) $C_6H_6$;




চিত্র ৩-ছ

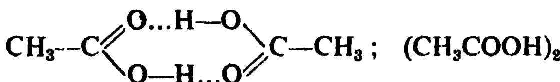
৩-৭। **হাইড্রোজেন-বন্ধনী (Hydrogen bond)।** হাইড্রোজেন পরামাণুতে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে, সুতরাং রাসায়নিক মিলনে উহা অপর একটিমাত্র পরমাণুর সঙ্গে সংযুক্ত হইতে পারে। কিন্তু কখন কখনও হাইড্রোজেন পরমাণুটি দুইটি পরমাণুর মধ্যে মিলন বা সেতু রচনা করে। অর্থাৎ, হাইড্রোজেন দ্বিযোজী পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। হাইড্রোজেন পরমাণুটি যখন অন্য একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় তখন উহার ইলেকট্রনটি দ্বিতীয় পরমাণু আকর্ষণ করিয়া লয়। ফলে, হাইড্রোজেনের প্রোটনটি আংশিক মুক্তাবস্থা প্রাপ্ত হয়। এই পরাধর্মী প্রোটনটি অণু হইতে বিচ্যুত না হইলেও অন্য কোন কোন অপরাধর্মী পরমাণুদ্বারা আকৃষ্ট হয়। বিশেষতঃ ফ্লুরিন (F), অক্সিজেন (O), নাইট্রোজেন (N) এই সকল পরমাণুর সঙ্গে সেই অল্পাধিক মুক্ত হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযোজনা ঘটে। হাইড্রোজেনের এইরূপ সংযুতিকে বলা হয়—'হাইড্রোজেন-বন্ধনী'। ইলেকট্রনচ্যুত $H^+$ বস্তুতঃ দুইটি অপরাধর্মী পরমাণুর মাঝখানে থাকিয়া উহাদের মধ্যে একটা সেতু রচনা করে।

হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড, জল ইত্যাদিতে যে একাধিক অণু-একত্র সংগুণিত (asscciated) হইয়া থাকে তাহার কারণ এই হাইড্রোজেন-বন্ধনী।

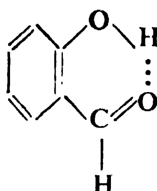



হাইড্রোজেন বন্ধনের ফলে একাধিক অণুর একত্রীভবন হয়ই, তাহা ছাড়া পদার্থের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতি যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। S, Se ও Te এর হাইড্রাইডগুলি ($H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$) গ্যাসীয় কিন্তু সেই গোষ্ঠির অক্সিজেনের হাইড্রাইড, জল ($H_2O$) তরল। ইহার কারণ জলে হাইড্রোজেন-বন্ধনী বর্তমান।

ফরমিক অ্যাসিড বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে যে দুইটি অণু একত্র হইয়া দ্ব্যণুক (Dimer) সৃষ্টি করে, তাহার মূলেও হাইড্রোজেন-বন্ধনী।



একই অণুর অভ্যন্তরেও হাইড্রোজেন বন্ধন সম্ভব। যেমন, স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড অথবা অর্থো নাইট্রোফিনলে ;




হাইড্রোজেন-বন্ধন কেবলমাত্র O, F, N, প্রভৃতি ক্ষুদ্র পারমাণবিক আয়তনবিশিষ্ট অপরাধর্মী পরমাণুর সঙ্গেই হয়। এই বন্ধনের দৃঢ়তা খুব বেশী নয়। বন্ধন-শক্তির মাত্রা গড়ে পাঁচ কিলোক্যালোরি। সাধারণ সমযোজকের বন্ধনশক্তির মাত্রা প্রায় পঞ্চাশ কিলোক্যালোরি।

৩-৮। ধাতব যোজ্যতা। ধাতুগুলি সচরাচর তিনরকম ভাবে কেলাসিত হয়, যথা:

(১) পৃষ্ঠকেন্দ্রিক (face centred) ঘনাকার, যেমন, Cu, Ag, Ni, Pb ইত্যাদি ;

(২) ষড়্ভুজাকার (hexagonal), যেমন, Mg, Zn, Cd ইত্যাদি ;

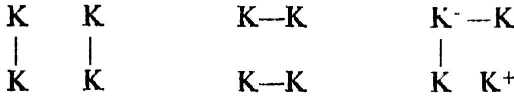
(৩) দেহকেন্দ্রিক (body centred) ঘনাকার, যেমন, Na, K ইত্যাদি,

পৃষ্ঠকেন্দ্রিক এবং ষড়্ভুজাকার কেলাসের মধ্যে পরমাণুগুলি ত্রিদিক্-জালকে (space lattice) যখন থাকে তখন প্রত্যেক পরমাণুর চারিদিকে বারটি পরমাণু প্রতিবিন্যস্ত থাকে। দেহ-কেন্দ্রিক কেলাসেও প্রতি পরমাণুর নিকটতম প্রতিবেশী হইবে আটটি পরমাণু। পরমাণু-গুলির পারস্পরিক বন্ধন যদি সমযোজ্যতায় ঘটে, তবে প্রথম দুইরকম কেলাসে চব্বিশটি এবং তৃতীয় রকম কেলাসে অন্ততঃ ষোলটি ইলেকট্রন যোজ্যতায় অংশ গ্রহণ করিবে। কিন্তু পরমাণুগুলির এত অধিকসংখ্যক যোজ্যতা-ইলেকট্রন (valence electron) নাই। সুতরাং ধাতুর কেলাসে সমযোজী বন্ধন থাকিতে পারে না।

এখন মনে করা হয়, ধাতুর মধ্যে পরমাণুগুলি এক বিশেষ ধরনের যোজ্যতাদ্বারা যুক্ত এবং সেই যোজ্যতার নামকরণ হইয়াছে, 'ধাতব যোজ্যতা' বা metallic bond। আধুনিক ধারণা, ধাতুর পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরের ইলেকট্রনগুলি স্তর হইতে বাহির হইয়া বিভিন্ন স্তরে চলাচল করিতে সক্ষম। ফলে ধাতুর পরমাণুগুলি বস্তুতঃ ধনাত্মক আয়নে পরিণত হইয়া ত্রিদিক-জালকে অবস্থান করে। বিমুক্ত ইলেকট্রনগুলি তখন কোন নির্দিষ্ট পরমাণুর এক্তিয়ারে থাকে না। মনে করা যাইতে পারে, এক ইলেকট্রন-মাধ্যমে, ধাতব আয়নগুলি নিমজ্জিত হইয়া আছে। বিমুক্ত ইলেকট্রনের প্রাচুর্যের জন্যই ধাতুর তড়িৎ-পরিবাহিতা এত বেশী দেখা যায়।

পাউলিং (1940) এইরূপ যোজ্যতার ব্যাখ্যা করিতে গিয়া বলেন, ধাতব বন্ধনে ইলেক-ট্রনগুলির ভিতর সংস্পন্দন (resonance) রহিয়াছে। কখনও ধাতুর দুইটি পরমাণুর মধ্যে একটি ইলেকট্রন 'একক' রহিয়াছে আবার কখনও দুইটি ইলেকট্রন থাকিয়া দুই পরমাণুর ভিতর সমযোজ্যতা রচনা করে। এই সচলতার জন্যই ধাতব বন্ধন যথেষ্ট

দৃঢ়। কখনও কখনও একটি পরমাণু সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া অপর পরমাণু হইতে অযুক্তও থাকিতে পারে। পটাসিয়ামের ক্ষেত্রে বলা যায়,



অর্থাৎ একটি পটাসিয়াম পরমাণু কখনও দুইটি সমযোজকে যুক্ত, পক্ষান্তরে কোনও পরমাণু আবার বন্ধনমুক্ত। ফলতঃ, আয়নীয় যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতা উভয়ই বর্তমান। পাউলিংয়ের এই তত্ত্ব হইতে ধাতুর নানারকম ধর্মের এবং বৈশিষ্ট্যের ব্যাখ্যা সম্ভব হইয়াছে।

পরিচ্ছেদ ৪

# তড়িৎ-বিশ্লেষণ। আয়নীয় বিয়োজন

৪-১। **সংজ্ঞা।** বিদ্যুৎ সমস্ত বস্তুর ভিতর দিয়া চলাচল করিতে সক্ষম নয়। লৌহ, সোনা, রৌপ্য, তামা, লবণের দ্রবণ, গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ইত্যাদি অনায়াসে তড়িৎ পরিবহন করে। ইহাদের **তড়িৎ-পরিবাহী** (conductors) বলা যায়। সাধারণ অঙ্গার, কাঠ, গন্ধক, চিনি, বেনজিন ইত্যাদির ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল সম্ভব নয়। ইহারা **অপরিবাহী** (non-conductors) বা **অন্তরক** (insulator) নামে পরিচিত। আবার বিদ্যুৎ-পরিবাহী পদার্থগুলিকে দুইটি পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।

(১) কোন কোন পদার্থ, যেমন সোনা, রূপা, প্রভৃতি ধাতু বিদ্যুৎ পরিবহন করে কিন্তু তাহাতে পদার্থের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না।

(২) কোন কোন বস্তুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইলে, পদার্থটি বিয়োজিত হইয়া যায় এবং নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। অ্যাসিড, ক্ষার এবং লবণ জাতীয় পদার্থের গলিত অবস্থায় অথবা কোন কোন দ্রাবকে উহাদের দ্রবিত অবস্থায় বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয় এবং উহাদের বিভাজিত ঘটে। কঠিন অবস্থায় লবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। কিন্তু লবণের জলীয় দ্রবণে অথবা গলিত লবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং লবণ বিভাজন হইয়া যায়। সকল যৌগ পদার্থ অবশ্য তড়িৎ-পরিবহন করে না, যেমন স্টার্চ, চিনি বা তেল কোন অবস্থাতেই তড়িৎ-পরিবাহী নয়।

যে সকল তরল পদার্থ বা দ্রবণ তড়িৎ-প্রবাহে বিভাজিত হয় তাহারা **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (electrolytes) নামে অভিহিত। বিদ্যুৎ সাহায্যে পদার্থের বিভাজনকে **'তড়িৎ-বিশ্লেষণ'** (electrolysis) বলে।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। দ্রবণের ভিতর দুইটি ধাতব পাত ডুবাইয়া রাখিয়া, উহাদের একটি ব্যাটা-রীর ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযোগ করিয়া দিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এই ধাতুর পাত দুইটিকে **তড়িৎদ্বার** (electrodes) বলে। ধনাত্মক মেরুর সংগে যুক্ত পাতটি **অ্যানোড** (anode) এবং ঋণাত্মক মেরুর সংগে যুক্ত পাতটি **ক্যাথোড** (cathode)। বিদ্যুৎ অ্যানোড-দ্বারে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং ক্যাথোড -দ্বার হইতে নির্গত হইয়া যায়। বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের বিভাজন ঘটে। কিন্তু এই বিভাজন কেবলমাত্র তড়িৎদ্বারেই হইতে দেখা যায় সম্পূর্ণ দ্রবণের মধ্যে হয় না। পদার্থটি গলিত অবস্থায় থাকিলেও একই উপায়ে তড়িৎ-বিশ্লেষণ হইয়া থাকে। অ্যানোড ও ক্যাথোড হিসাবে প্রায়ই প্লাটিনাম পাত ব্যবহৃত হয়। আবার প্রয়োজন বিশেষে, কপার, নিকেল, গ্রাফাইট, গ্যাসকার্বন, আয়রণ ইত্যাদিও যথেষ্ট ব্যবহার করা হয়।

৪-২। **ফ্যারাডের সূত্রাবলী** (Farday's Laws)। তড়িৎ-প্রবাহের দ্বারা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের তথাকথিত বিভাজনের পরিমাণ দুইটি সূত্রদ্বারা নিয়ন্ত্রিত।

এই সূত্র দুইটি ফ্যারাডে আবিষ্কার করেন, সেইজন্য ইহাদের ফ্যারাডের সূত্র বলা হয়।

**প্রথম সূত্র: তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে কোন তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ (W) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে প্রেরিত মোট তড়িতের (Q) সমানুপাতিক।**

Q কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য যদি তড়িৎদ্বারে W গ্রাম পদার্থ উৎপন্ন হয়, তবে,

$$W \propto Q, \text{ অর্থাৎ } W = zQ$$

$z$, একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

এই Q কুলম্ব তড়িৎশক্তির জন্য যদি I অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ t সেকেণ্ড পরিচালিত করা হইয়া থাকে তবে, $Q = I \times t$

$$\therefore \quad W = z.Q = z.I.t$$

যদি $I = 1$ এবং $t = 1$ হয়, অর্থাৎ এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ এক সেকেণ্ড পরিচালনা করা হয়, (অর্থাৎ এক কুলম্ব বিদ্যুৎ) তাহা হইলে,

$$W = z \times 1 \times 1 = z \text{ গ্রাম}$$

সমানুপাত ধ্রুবক 'Z' এর নাম দেওয়া হইয়াছে **'তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক'** (electro-chemical equivalent)।

একক পরিমাণ (1 কুলম্ব) তড়িৎ প্রয়োগে যে পরিমাণ আয়ন তড়িৎদ্বারে মুক্ত হয় তাহাই এই তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। হাইড্রোজেন ও সিলভারের ক্ষেত্রে ইহা যথাক্রমে 0.0000104 এবং 0.001118 গ্রাম।

**দ্বিতীয় সূত্র: যদি বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ পরিচালনা করা হয় তবে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থসকলের পরিমাণ উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক।**

অর্থাৎ,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

যেখানে $E_1$ ও $E_2$ পদার্থ দুইটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

কিন্তু ১-ম সূত্র অনুসারে, $W_1 = z_1Q$ এবং $W_2 = z_2Q$

$$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{z_1}{z_2} \text{ অতএব } \frac{E_1}{E_2} = \frac{z_1}{z_2}$$

**সূত্র দুইটির একত্রীকরণ:** মনে কর, Q কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োগে W গ্রাম একটি পদার্থ তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন হইল, এবং ইহার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, E। অতএব, বলা যায়,

$(i)$ $W \propto Q$ এবং $(ii)$ $W \propto E$

অর্থাৎ $W \propto EQ$, কিংবা $W = kEQ$ ($k$, একটি সমানুপাত-ধ্রুবক)

এখন $Q = W/(Ek)$

যদি ঠিক এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ তড়িদ্‌দ্বারে উৎপন্ন হয়, তবে $W = E$,

অর্থাৎ $Q = 1/k$ = নির্দিষ্ট পরিমাণ।

ইহার অর্থ, এক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন করিতে তড়িতের পরিমাণ হইল Q কুলম্ব এবং উহা নির্দিষ্ট। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে ইহার মান 96497 কুলম্ব (বা স্থূলতঃ 96500 কুলম্ব)। তড়িতের এই পরিমাণকে এক ফ্যারাডে ($F$) বলা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা যে কোন পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উৎপন্ন করিতে 1 ফ্যারাডে বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

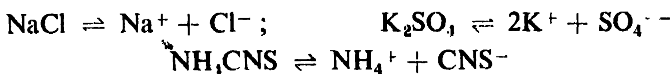
৪-৩। তড়িৎ-বিশ্লেষণের কারণ: আরহেনিয়াসের তত্ত্ব (Arrhenius theory of electrolytic dissociation)। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলির দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় কেন এবং কিভাবে বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালিত হয় এবং বিভাজন হয় তাহা বুঝাইবার জন্য গত শতাব্দীতে গ্রোথাস্, ক্লসিয়াস্ প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণ বিভিন্ন তত্ত্ব প্রস্তাব করিয়াছিলেন। কিন্তু সেই সকল তত্ত্ব পরীক্ষাদ্বারা সম্পূর্ণ সমর্থিত হয় নাই।

দ্রবণে এবং গলিত তরলে তড়িৎপরিবহন এবং তজ্জনিত তড়িৎ-বিশ্লেষণের সুসঙ্গত ব্যাখ্যা প্রথমে দেন আরহেনিয়াস (1887)। আরহেনিয়াসের তত্ত্ব মোটামুটিভাবে আজও স্বীকৃত এবং নানারকম পরীক্ষালব্ধ ফলদ্বারা সমর্থিত। আরহেনিয়াস তত্ত্বের মূল বক্তব্য হইল:

(ক) দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলির অণু ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক এই দুই প্রকার বিদ্যুৎবাহী কণায় বিয়োজিত হইয়া থাকে। এই বিদ্যুৎবাহী কণাকে বলা হয় **আয়ন**। ধনাত্মক বিদ্যুৎযুক্ত আয়নের নাম **ক্যাটায়ন** এবং ঋণাত্মক বিদ্যুৎযুক্ত আয়নের নাম **অ্যানায়ন**।

(খ) অণু হইতে উৎপন্ন এই ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের সংখ্যা সমান নাও হইতে পারে। আবার ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নে বিদ্যুৎমাত্রা এক বা একাধিক হইতে পারে, (যেমন, $Na^+$, $Fe^{+++}$, $Cl^-$, $SO_4^{--}$ ইত্যাদি। কিন্তু ক্যাটায়নগুলির মোট ধনাত্মক আধান, অ্যানায়নগুলির মোট ঋণাত্মক আধানের সমান হইবে। ফলে দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে উদাসীন হইবে।

(গ) বিয়োজনের ফলে যে আয়ন সৃষ্টি হয়, সেইগুলি বিদ্যুৎযুক্ত পরমাণু হইতে পারে অথবা বিদ্যুৎযুক্ত পরমাণুপুঞ্জ বা মূলকও (radicals) হইতে পারে। আয়নের ধর্ম এবং ব্যবহার কিন্তু বিদ্যুৎনিরপেক্ষ পরমাণু হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র; Na এবং $Na^+$ এর ধর্ম বিভিন্ন।



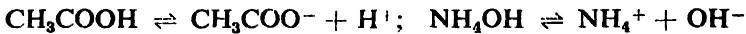
$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ; \qquad K_2SO_4 \rightleftharpoons 2K^+ + SO_4^{--}$$
$$NH_4CNS \rightleftharpoons NH_4^+ + CNS^-$$

(ঘ) বস্তুতঃ, এই আয়নসকলই তড়িৎ পরিবহন করে। দ্রবণে দুইটি তড়িৎদ্বার বসাইয়া উহাদের মধ্যে বিভব (potential) সৃষ্টি করিলে, ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক আয়নগুলি যথাক্রমে ক্যাথোড এবং অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং বিপরীত দিকে চলিতে থাকে। শেষ পর্যন্ত ধনাত্মক আয়ন (ক্যাটায়ন) উহার বিপরিতাহিত তড়িৎদ্বার ক্যাথোডে আসিয়া প্রশমিত বা আধানমুক্ত (discharged) হয়। সেইরূপ অ্যানায়ন-গুলি অ্যানোডে গিয়া আধানমুক্ত হয়। এই আয়নগুলির গমনাগমনই তড়িৎ-প্রবাহের

কারণ। কেবলমাত্র তড়িৎ-দ্বারেই আধানমুক্তি ঘটে, তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণ কেবল তড়িৎ-দ্বারেই দেখা যায়।

(৬) অনেক ক্ষেত্রে দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের প্রায় সমস্ত অণুই বিয়োজিত হইয়া যায়। এই সকল পদার্থকে বলা হয় **'তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ'** (Strong electrolytes); যেমন, HCl, $HNO_3$, NaOH, NaCl এবং অন্যান্য লবণের দ্রবণ।

আবার অনেক পদার্থ দ্রবণে আংশিকভাবে আয়নিত হয়। ইহারা **'মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ'** (weak electrolytes), যেমন, $CH_3COOH$, $NH_4OH$, $H_3BO_3$ ইত্যাদি। এই সকল মৃদু-বিয়োজনের ক্ষেত্রে আয়ন সকল এবং অ-বিয়োজিত অণুর মধ্যে সর্বদাই সাম্যাবস্থা বজায় থাকে ;



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+; \quad NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

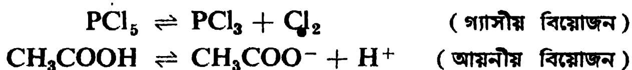
ইহাদের বিয়োজন মাত্রা গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। দ্রবণ যত লঘু হইবে বিয়োজনও তত বেশী হইবে। সুতরাং লঘুতম অবস্থায় বা অসীম লঘুতায় বিয়োজন সম্পূর্ণ হইবে মনে করা যায়। কিন্তু সাধারণ লঘুতায় বিয়োজনমাত্রা গাঢ়ত্ব এবং পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। একই গাঢ়ত্বে দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন-মাত্রা মাপিয়া উহাদের **'তীব্রতা'** তুলনা করা হয়। যার বিয়োজন-মাত্রা অধিক, সেইটি বেশী তীব্র।

এইগুলি আরহেনিয়াস তত্ত্বের মূল কথা।

## ৪-৪। আয়নীয় বিয়োজন ও গ্যাসীয় বিয়োজনের তুলনা :

(১) তাপপ্রয়োগে গ্যাসীয় বিয়োজন ঘটে, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলিকে দ্রবীভূত করিলেই উহারা আয়নে বিয়োজিত হইয়া যায়।

(২) গ্যাসীয় বিয়োজনের ফলে পাওয়া যায় উদাসীন (neutral) পদার্থসকল, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনে উৎপন্ন হয় আয়ন বা তড়িতাহিত পদার্থসকল।



$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2 \quad \text{(গ্যাসীয় বিয়োজন)}$$
$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \quad \text{(আয়নীয় বিয়োজন)}$$

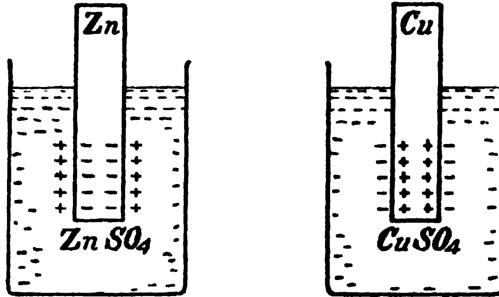
(৩) গ্যাসীয় বিয়োজনের জন্য কোন মাধ্যমের (medium) প্রয়োজন হয় না, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনের জন্য দরকার হয় মাধ্যম বা দ্রাবকের।

(৪) গ্যাসীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলিকে সহজে পৃথক্ করা যায়; কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলিকে সহজে পৃথক করা যায় না।

## ৪-৫। নার্নস্টের দ্রবণ-চাপ তত্ত্ব (Nernst solution pressure theory)।

নার্নস্টের মতে, একটি ধাতব মৌল যদি উহার আয়ন আছে এরূপ দ্রবণের সংস্পর্শে থাকে তাহা হইলে দ্রবণে ধাতুটির আয়ন প্রেরণ করার প্রবণতা দেখা যায়। তিনি বলেন, ধাতুর মধ্যে একটা 'দ্রবণ-চাপ' আছে, সেইজন্যই এরূপ ঘটে। এরূপ আয়ন-প্রেরণের ফলে ধাতু-দণ্ডটিতে ইলেকট্রন সঞ্চিত হয় এবং উহা ঋণাত্মক হয়। যেমন, $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e$। পক্ষান্তরে, দ্রবণের যে অভিসারক চাপ আছে তদ্দরুন দ্রবণও ধাতুদণ্ডে ধনাত্মক আয়ন (যেমন, $Zn^{++}$) পাঠাইতে চেষ্টা করে। সুতরাং দ্রবণ-চাপ এবং অভিসারক চাপ

উহারা বিপরীত-ধর্মী। এই দুই চাপ সমান হইলে কোন ক্রিয়া হইবে না, কিন্তু সেইরূপ কদাচিৎ হয়। দুইটির মধ্যে একটি চাপ অপেক্ষাকৃত বেশী হয়। যেমন, $Zn/Zn^{++}$-এর ক্ষেত্রে দ্রবণ-চাপ অভিসারক চাপ অপেক্ষা অধিক। আবার $Cu/Cu^{++}$-এ ইহার বিপরীত। Zn-দণ্ড হইতে $Zn^{++}$ আয়ন অল্পকিছু দ্রবণে আসিলেই, ধাতুটি ঋণাত্মক




চিত্র ৪-ক। ইলেকট্রোড বিভব

হইবে। উহা তখন দ্রবণের ধনাত্মক আয়নকে নিকটে আকৃষ্ট করিবে। ইহার ফলে আর বেশী আয়ন দ্রবণে যাইবে না; ধাতুদণ্ডের পৃষ্ঠতলে ঋণাত্মক আধান এবং উহার একান্ত সন্নিকটের দ্রবণে ধনাত্মক আধান জনিত একটি দ্বিস্তর গড়িয়া উঠিবে। অর্থাৎ ইলেকট্রোড এবং দ্রবণের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক বিভবের সৃষ্টি হইবে (চিত্র ৪-ক)। অধাতব মৌলও যখন উহার আয়নের সংস্পর্শে থাকিবে, সেখানেও এইরূপ বৈদ্যুতিক দ্বিস্তর সৃষ্টি হইবে এবং বিভব দেখা দিবে, $Cl/Cl^-$। এই বিভবকে **'তড়িৎ-দ্বার বিভব'** বা **'ইলেকট্রোড বিভব'** বলে। প্রত্যেক তড়িৎ-দ্বারেই এই বিভব সৃষ্টি হইবে।

বস্তুতঃ ইলেকট্রনের আদান প্রদান দ্বারা দ্বিস্তর হইলেই বিভব সৃষ্টি হইবে। যেমন, $(Pt)Fe^{++} \rightleftharpoons (Pt)Fe^{+++} + e$, অর্থাৎ একটি $Fe^{++}$ ও $Fe^{+++}$ আয়নের মিশ্রণে Pt অথবা কোন নিষ্ক্রিয় ধাতুর একটা তার নিমজ্জিত করিয়া রাখিলেও সেখানে দ্বিস্তর তৈয়ারী হয় এবং উহাতে বিভব সৃষ্টি হয়।

প্রত্যেক বৈদ্যুতিক সেলের দুইটি তড়িৎ-দ্বার বা ইলেকট্রোড থাকিবেই। এই দুইটি ইলেকট্রোডকে পৃথকভাবে বিবেচনা করার জন্য প্রত্যেকটিকে বলা হয়, **'একক ইলেকট্রোড'** বা (single electrode)। প্রত্যেক ইলেকট্রোডেরই নিজস্ব বিভব আছে এবং উহাকে বলা হয় 'একক ইলেকট্রোড বিভব' (single electrode potential)। কোন সেলের 'তড়িচ্চালক বল' বা e.m.f দুইটি একক ইলেকট্রোডের বিভবের বীজগাণিতিক সমষ্টি। অর্থাৎ, $\mathscr{E}_1$ এবং $\mathscr{E}_2$ যদি দুই ইলেকট্রোডের বিভব হয় তাহা হইলে সেলের e.m.f. (E) হইবে,

$$E = \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2$$

**৪-৬। একক তড়িৎ-দ্বার বিভব।** কোন মৌল তাহার আয়ন-যুক্ত কোন দ্রবণে নিমজ্জিত থাকিলে যে বিভব সৃষ্টি হয় তাহা অবশ্যই মৌলটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে,

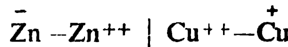
অর্থাৎ ব্যবহৃত ধাতু বা অধাতুর উপর নির্ভর করে। তাহা ছাড়া, দ্রবণের আয়নের গাঢ়ত্বের (C) উপরেও নির্ভর করে। তাপগতি-বিজ্ঞানের সূত্র হইতে দেখা গিয়াছে, কোন একটি তড়িৎদ্বারের বিভবের ($\mathscr{E}$) পরিমাণ, ($T^\circ K$ তাপমাত্রায়),

$$\mathscr{E} = \mathscr{E}^\circ - \frac{RT}{nF} \ln a$$

$a$ = দ্রবণে আয়নের 'সক্রিয়-ভর' বা activity, (লঘুদ্রবণ হইলে উহা মোটামুটি গাঢ়ত্বের সমান) $F$ = এক ফ্যারাডে, $n$ = মৌলের যোজ্যতা।

যদি দ্রবণের আয়নের সক্রিয়-ভর 'এক' লওয়া হয়, তখন $\ln a = 0$। অতএব, $\mathscr{E} = \mathscr{E}^\circ$। তাহা হইলে $\mathscr{E}^\circ$, 'প্রমাণ একক তড়িৎ-দ্বার বিভব'।

উদাহরণ স্বরূপ, একটি বৈদ্যুতিক সেল, যেমন ড্যানিয়েল সেল, লইয়া উহার দুইটি তড়িৎ-দ্বারের বিভব সম্পর্কে আলোচনা করা যাইতে পারে। এই সেলের তড়িৎ-দ্বার $Zn-ZnSO_4$-দ্রবণ অ্যানোড এবং $Cu-CuSO_4$-দ্রবণ ক্যাথোড, অর্থাৎ



$$\overset{-}{Zn} - Zn^{++} \mid Cu^{++} - \overset{+}{Cu}$$

অ্যানোডে ধাতব জিঙ্ক আয়নিত হইয়া দ্রবিত হয় এবং ক্যাথোডে $Cu^{++}$ আয়ন প্রশমিত হইয়া ধাতুতে পরিন্যস্ত হয়। মনে কর, উভয় দ্রবণের মাত্রা এক সক্রিয়-ভর, ($a_{Zn^{++}} = 1$, $a_{Cu^{++}} = 1$)।

পরবর্তী আলোচনায় দেখা যাইবে, কোন মৌল (বা মূলক) হইতে ইলেকট্রন চলিয়া গেলে বা হ্রাস পাইলে, মৌলটির জারণ হয়। পক্ষান্তরে, যদি কোন মৌল বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহা হইলে উহার বিজারণ ঘটে। এখানে অ্যানোডে জিঙ্কের জারণ ঘটিতেছে, আর ক্যাথোডে কপারের বিজারণ ঘটিতেছে। এইজন্য, এখানে জিঙ্কের ইলেকট্রোড বিভবকে বলা হয়, 'প্রমাণ জারণ-বিভব' (standard oxidation potential)। সেইরূপ কপারের বিভবকে এখানে বলা হইবে 'প্রমাণ বিজারণ বিভব'। এই জারণ বিভব এবং বিজারণ বিভবের সমষ্টিগত ফলই হইবে, সেলের e.m.f. বা তড়িচ্চালক বল। আরও মনে রাখিতে হইবে, যে কোন মৌলের ইলেকট্রোডের

জারণ বিভব = — বিজারণ বিভব

কোন তড়িৎ-দ্বারের এই জারণ বা বিজারণ বিভব সরাসরি মাপা যায় না। এই তড়িৎ-দ্বার বিভব নির্ণয় করিতে হইলে, একটি কোন নির্দিষ্ট ইলেকট্রোডের বিভবের একটি নির্দিষ্ট মূল্য ধরিয়া লইতে হইবে; যেমন, কার্বনের পাঃ গুরুত্ব 12.00 ধরিয়া অন্য সব পরমাণুর পাঃ গুরুত্ব স্থির করা হইয়াছে। তড়িৎ-দ্বার বিভব মাপিবার জন্য, প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড-বিভবকে, ($\mathscr{E}^\circ_{H-H^+}$) স্বেচ্ছাকৃতভাবে শূন্য ধরা হইয়াছে, $\mathscr{E}^\circ_{H-H^+} = 0$।

একক সক্রিয়তার ($a_{H^+} = 1$) $H^+$-আয়নসম্পন্ন দ্রবণে প্লাটিনীকৃত প্লাটিনাম রাখিয়া উহাতে এক-অ্যাট্‌মস্‌ফিয়ার চাপে $H_2$-গ্যাস পরিচালনা করিলে প্রমাণ-হাইড্রোজেন তড়িৎ-দ্বার হইবে। ইহার বিভব শূন্য।

এখন জিঙ্ক এবং হাইড্রোজেনের দুইটি ইলেকট্রোড লইয়া যদি একটি বৈদ্যুতিক সেল তৈয়ারী করা হয়;



$$Zn - ZnSO_4\ sol^n \ \Big\|\ H_2SO_4\ sol^n - H_2(Pt)$$
$$a_{Zn^{++}} = 1 \qquad a_{H^+} = 1$$

এবং $Zn^{++}$ এবং $H^+$ আয়নের সক্রিয়তা যদি 'এক' রাখা হয়, তাহা হইলে ঐ সেলের e.m.f. হইবে।

$$E = \mathscr{E}^{\circ}_{Zn} + \mathscr{E}^{\circ}_{H} = \mathscr{E}^{\circ}_{Zn} + 0 = \mathscr{E}^{\circ}_{Zn}$$

পোটেনসিয়োমিটার যন্ত্রের সাহায্যে সেলটির তড়িচ্চালক বল অর্থাৎ e.m.f. অতি সহজেই মাপা যায়। সুতরাং জিঙ্কের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব জানা যাইবে। এই তড়িৎ-দ্বার বিভবটি জারণ-বিভব, কারণ এই সেলেও জিঙ্ক অ্যানোডে জারিত হইয়া থাকে। কেবল জিঙ্ক নয়, নানা মৌলের প্রমাণ জারণ-বিভব এইভাবে মাপা হইয়াছে, তাহার একটি তালিকা নীচে দেওয়া হইল।

সারণী। 25°C-এ বিভিন্ন ইলেকট্রোডের প্রমাণ জারণ-বিভব (ভোল্ট)

| ইলেকট্রোড | ইলেকট্রোড বিক্রিয়া | ইলেকট্রোড বিভব |
|---|---|---|
| $Na/Na^+$ | $Na \rightleftharpoons Na^+ + e$ | +2.714 |
| $Mg/Mg^{++}$ | $Mg \rightleftharpoons Mg^{++} + 2e$ | +2.340 |
| $Zn/Zn^{++}$ | $Zn \rightleftharpoons Zn^{++} + 2e$ | +0.761 |
| $Fe/Fe^{++}$ | $Fe \rightleftharpoons Fe^{++} + 2e$ | +0.441 |
| $(Pt)Cr^{++}/Cr^{+++}$ | $Cr^{++} \rightleftharpoons Cr^{+++} + e$ | +0.410 |
| $Cd/Cd^{++}$ | $Cd \rightleftharpoons Cd^{++} + 2e$ | +0.402 |
| $Co/Co^{++}$ | $Co \rightleftharpoons Co^{++} + 2e$ | +0.280 |
| $Ni/Ni^{++}$ | $Ni \rightleftharpoons Ni^{++} + 2e$ | +0.240 |
| $Sn/Sn^{++}$ | $Sn \rightleftharpoons Sn^{++} + 2e$ | +0.140 |
| $Pb/Pb^{++}$ | $Pb \rightleftharpoons Pb^{++} + 2e$ | +0.126 |
| $(Pt)\frac{1}{2}H_2(g)/H^+$ | $\frac{1}{2}H_2 \rightleftharpoons H^+ + e$ | 0.000 |
| $Ag/AgCl(s)/Cl^-$ | $Ag + Cl^- \rightleftharpoons AgCl + e$ | −0.2223 |
| $Hg/Hg_2Cl_2(s)/Cl^-$ | $2Hg + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2 + 2e$ | −0.268 |
| $Cu/Cu^{++}$ | $Cu \rightleftharpoons Cu^{++} + 2e$ | −0.337 |
| $I_2/I^-$ | $2I^- \rightleftharpoons I_2 + 2e$ | −0.535 |
| $(Pt)Fe^{++}/Fe^{+++}$ | $Fe^{++} \rightleftharpoons Fe^{+++} + e$ | −0.771 |
| $Ag/Ag^+$ | $Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e$ | −0.799 |
| $Br_2/Br^-$ | $2Br^- \rightleftharpoons Br_2 + 2e$ | −1.065 |
| $(Pt)Tl^+/Tl^{+++}$ | $Tl^+ \rightleftharpoons Tl^{+++} + 2e$ | −1.250 |
| $Au/Au^{+++}$ | $Au \rightleftharpoons Au^{+++} + 3e$ | −1.300 |
| $Cl_2/Cl^-$ | $2Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + 2e$ | −1.359 |
| $(Pt)Ce^{+++}/Ce^{++++}$ | $Ce^{+++} \rightleftharpoons Ce^{++++} + e$ | −1.610 |

বিভিন্ন পদার্থের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে দেখা যায়, হাইড্রোজেন এবং সমস্ত ধাতব মৌলই ক্যাথোডে আসিয়া আধানমুক্ত হয় এবং উৎসর্জিত হয়। ক্যাথোড না-ধর্মী তড়িৎ-দ্বার, সুতরাং $H^+$ আয়ন এবং ধাতব আয়নগুলি পরাধর্মী। পক্ষান্তরে, হাইড্রোজেন ব্যতীত অপর সব অধাতব মৌল অ্যানোডে আসিয়া আধানমুক্ত হয়, সুতরাং উহাদের আয়ন অপরাধর্মী। এইজন্য, হাইড্রোজেন এবং ধাতুগুলিকে পরাবিদ্যুৎধর্মী মৌল এবং

অন্য অধাতব মৌলগুলিকে অপরাবিদ্যুৎধর্মী মৌল বলা হয়। কিন্তু ধাতুগুলি সবই পরাধর্মী হইলেও, উহাদের সকলের পরাধর্মিতা এক নয়। কোন কোন ধাতু তীব্র পরা-বিদ্যুৎধর্মী, যেমন, Na, K, . . . ; আবার কোন কোন ধাতুর পরাবৈদ্যুতিক ধর্ম অনেক কম, যেমন, Ag, Au, ইত্যাদি। মৌলদের এই বৈদ্যুৎধর্মের বিচারে উপরের জারণ-বিভবের সারণীটির বিশেষ তাৎপর্য আছে।

(১) মৌলের জারণ-বিভব যত বেশী, উহার পরাধর্মিতাও তত বেশী। সারণীতে মৌলের স্থান যত উপরে থাকিবে, উহার আয়নিত হওয়ার সম্ভাব্যতাও তত বেশী হইবে। জিঙ্ক যত সহজে আয়নিত হইবে, সিলভার সেরূপ হইবে না।

(২) সারণীর দুইটি মৌলকে তড়িৎ-দ্বাররূপে ব্যবহার করিয়া যদি প্রমাণ দ্রবণের একটি সেল তৈয়ারী করা হয় তাহা হইলে যাহার জারণ-বিভব অধিক সেইটি অ্যানোড হইবে। অ্যানোড এবং ক্যাথোডের জারণ-বিভব এবং বিজারণ-বিভব হইতে সেলের তড়িচ্চালক বল পাওয়া যাইবে। মনে কর, আয়রন এবং কপার তড়িৎ-দ্বাররূপে ব্যবহার করা হইল। উহার e.m.f. (E),

$$E = \text{আয়রনের জারণ-বিভব} + \text{কপারের বিজারণ-বিভব}$$

$$= +0.441 + (0.337) = 0.778 \text{ volts.}$$

[মনে রাখিতে হইবে, বিজারণ-বিভব জারণ-বিভবের বিপরীত হইবে, যদিও মান সমান]

(৩) যে ধাতু অধিকতর পরাধর্মী উহা অপেক্ষাকৃত কম পরাধর্মী ধাতুকে উহার যৌগের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে সক্ষম। যেমন, একটি আয়রন দণ্ড কপার-সালফেট দ্রবণে রাখিলে, কপার অধঃক্ষিপ্ত হইবে এবং আয়রন আয়নিত হইয়া দ্রবিত হইবে। $Cu^{++} + Fe \rightarrow Cu + Fe^{++}$। কিন্তু যদি একটি কপার দণ্ড ফেরাস সালফেট দ্রবণে রাখা হয়, কোনই বিক্রিয়া হয় না। অর্থাৎ সারণীতে যাহার স্থান উপরে সে নিম্নের মৌলকে প্রতিস্থাপনে সক্ষম। এই জন্যই জিঙ্ক অ্যাসিড হইতে $H_2$-উৎপাদনে সক্ষম, কিন্তু কপার তাহা পারে না।

সেইরূপ অধাতব মৌলের ক্ষেত্রে, যে মৌলের অপরাধর্মিতা অধিকতর, উহা কম অপরা-ধর্মী মৌলকে প্রতিস্থাপন করে, যেমন, $2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$।

(৪) যে সব ধাতু অধিকতর পরাবিদ্যুৎধর্মী তাহাদের অক্সাইডসমূহ বেশ স্থায়ী হয় এবং উহাদের বিজারিত করা বেশ কঠিন। $Na_2O$, $K_2O$, BaO, $Al_2O_3$ ইত্যাদিকে কার্বন দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করা যায় না। পরাধর্মিতা যত কমিতে থাকে অক্সাইডের স্থায়িত্ব ক্রমশঃ হ্রাস পায়। ZnO, $Fe_2O_3$ . . ইত্যাদিকে কোক দ্বারা বিজারিত করা হয়। আর HgO, $Ag_2O$ ইত্যাদির পরাধর্মিতা বেশ কম, কেবলমাত্র উত্তাপ-প্রয়োগেই উহারা বিজারিত হয়।

সাধারণতঃ প্রয়োজনীয় ধাতুগুলিকে পরাবিদ্যুৎধর্মের অনুক্রমে এবং অধাতুগুলিকে অপরাবিদ্যুৎধর্মের অনুক্রমে শ্রেণীবদ্ধ করা হয়। এই 'তাড়িত-বৈভব শ্রেণীটি' (electro chemical series) নীচে দেওয়া হইল। অবশ্যই এই শ্রেণীটি পূর্বোক্ত জারণ-বিভবের সারণী হইতেই সংগৃহীত।

| পরাবিদ্যুৎধর্মী মৌল | অপরাবিদ্যুৎধর্মী মৌল |
|---|---|
| পটাসিয়াম | ফ্লুরিন |
| সোডিয়াম | অক্সিজেন |
| বেরিয়াম | ক্লোরিন |
| ক্যালসিয়াম | ব্রোমিন |
| ম্যাগনেসিয়াম | আয়োডিন |
| অ্যালুমিনিয়াম | সালফার |
| জিঙ্ক | ফসফরাস |
| আয়রন | নাইট্রোজেন |
| নিকেল | কার্বন |
| টিন | সিলিকন |
| লেড | |
| হাইড্রোজেন | |
| কপার | |
| মারকারি | |
| সিলভার | |
| গোল্ড | |

৪-৭। জারণ-বিজারণ বা রেডক্স তড়িৎদ্বার (Redox Electrode)। ফেরাস-ফেরিক লবণের মিশ্র দ্রবণে, অথবা $Ce^{+++}$—$Ce^{++++}$ লবণের মিশ্র দ্রবণে যদি একটি Pt-তার বা কোন নিষ্ক্রিয় ধাতুর তার খানিকটা নিমজ্জিত রাখা হয়, তবে উহা একটি তড়িৎদ্বারে পরিণত হয়। যে কোন একটি জারিত এবং বিজারিত অবস্থার আয়নের মিশ্রণই ঐরূপ ব্যবহার করিয়া থাকে। এরকম তড়িৎদ্বারকে 'জারণ-বিজারণ তড়িৎ-দ্বার' বলা যায়। এখানে আমরা বহুল প্রচলিত 'রেডক্স' নাম ইহার জন্য ব্যবহার করিব। এইরূপ রেডক্স তড়িৎদ্বারের বিভব,

$$\mathscr{E} = \mathscr{E}^{\circ}_{\text{রেডক্স}} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a_{\text{জারক}}}{a_{\text{বিজারক}}}$$

যদি জারক এবং বিজারকের সক্রিয়তা ($a$) সমান হয়, তবে $\mathscr{E} = \mathscr{E}^{\circ}$। রেডক্স তড়িৎদ্বারের বিভবটি তখন প্রমাণ বিভব হইবে।

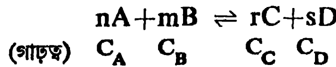
জিঙ্ক বা কপারের তড়িৎদ্বারের জারণ-বিভব যে উপায়ে নির্ণীত হইয়াছে, সেই উপায়েই এই তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ, একটি প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেক-ট্রোডের সঙ্গে যুক্ত করিয়া সেল তৈয়ারী করা হয়। এই সেলের e.m.f. মাপিলেই রেডক্স তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ-বিভব জানা যাইবে। সর্বদা ব্যবহৃত কয়েকটি জারক-বিজারক যুগল তড়িৎদ্বারের বিভব নিম্নে দেওয়া হইল।

সারণী। 25°C-এ বিভিন্ন রেডক্স তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ-বিভব।

| জারক-বিজারক যুগল | | প্রমাণ জারণ-বিভব (ভোল্ট) |
|---|---|---|
| $Mn^{++}/MnO_4^-$ | — | −1.52 |
| $Cr^{+++}/Cr_2O_7^{--}$ | — | −1.36 |
| $Cl^-/\frac{1}{2}Cl_2$ | — | −1.36 |
| $\frac{1}{2}I_2/IO_3^-$ | — | −1.20 |
| $Fe^{++}/Fe^{+++}$ | — | −0.77 |
| $AsO_3^{---}/AsO_4^{---}$ | — | −0.56 |
| $I^-/\frac{1}{2}I_2$ | — | −0.53 |
| $Fe(CN)_6^{4-}/Fe(CN)_6^{3-}$ | — | −0.36 |
| $Sn^{++}/Sn^{++++}$ | — | −0.15 |

প্রত্যেক ক্ষেত্রেই জারক এবং বিজারক উভয়েই বর্তমান। এখন যে সকল যুগল সারণীর উপরে স্থান পাইয়াছে, উহার জারক নিম্নের যে কোন যুগলের বিজারককে জারিত করিতে পারিবে। যেমন, $MnO_4^-$ অনায়াসে $Cl^-$ অথবা $Fe^{++}$ আয়নকে বিজারিত করিবে। কিন্তু ফেরিক আয়ন $Mn^{++}$ আয়নকে অথবা $Cr^{+++}$ আয়নকে জারিত করিতে পারিবে না।

৪-৮। ভর-ক্রিয়া সূত্র এবং আয়নন। অধিকাংশ রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী, অর্থাৎ বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি আবার নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া আদি বিক্রিয়কে পরিণত হয়। মনে কর, একটি উভমুখী বিক্রিয়াতে,



$$nA + mB \rightleftharpoons rC + sD$$

(গাঢ়ত্ব) $C_A \quad C_B \qquad C_C \quad C_D$

ভর-ক্রিয়া সূত্রানুসারে, "কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বিক্রিয়ক সকলের সক্রিয়ভরের সমানুপাতিক।" অতএব, সক্রিয় ভরকে আদর্শ-ক্ষেত্রে গাঢ়ত্বের সমান ধরিলে,

A এবং B-এর বিক্রিয়ার হার, $R_{AB} = k_1 C_A^n \cdot C_B^m$

এবং C এবং D-এর বিক্রিয়ার হার, $R_{CD} = k_2 C_C^r \cdot C_D$

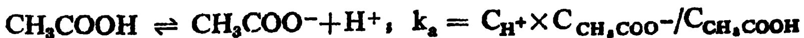
যখন বিক্রিয়াটি সাম্যবস্থায় উপনীত হইবে, তখন এই উভয় গতিবেগ সমান হইবে, অর্থাৎ,

$$\frac{C_C^r \times C_D^s}{C_A^n \times C_B^m} = \frac{k_1}{k_2} = K \text{ (ধ্রুবক)}$$

K-ধ্রুবকটিকে 'সাম্য-ধ্রুবক' বলা হয়। গাঢ়ত্বের পরিবর্তন করিলেও, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সাম্য-ধ্রুবকের কোন পরিবর্তন হইবে না।

এই সূত্রটি তড়িৎ-বিয়োজনের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। বিশেষতঃ মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের ক্ষেত্রে। তড়িৎ-বিয়োজনও উভমুখী।

সাম্য-ধ্রুবক



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+, \quad k_a = C_{H^+} \times C_{CH_3COO^-} / C_{CH_3COOH}$$

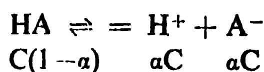


$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-, \quad k_b = C_{NH_4^+} \times C_{OH^-} / C_{NH_4OH}$$

ইত্যাদি।

$k_a$ = অ্যাসিড-বিয়োজন ধ্রুবক (ionisation constant), $k_b$ = ক্ষারক-বিয়োজন ধ্রুবক।

একটি মৃদু-অ্যাসিডের তড়িৎ-বিয়োজন মাত্রা যদি '$\alpha$' হয়,



$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$
$$C(1-\alpha) \quad \alpha C \quad \alpha C$$

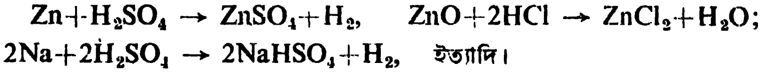
তাহা হইলে, $$k_a = \frac{C_{H^+} \times C_{A^-}}{C_{HA}} = \frac{\alpha C \times \alpha C}{(1-\alpha)C} \approx \alpha^2 C,$$

[ ∵ মৃদু অ্যাসিডে, $\alpha$ নগণ্য ]

অর্থাৎ, $\alpha = \sqrt{k_a/C}$

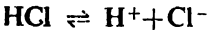
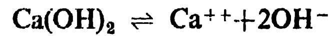
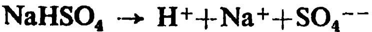
# অ্যাসিড, ক্ষার এবং সূচক

**৫-১। অ্যাসিড ও ক্ষার।** সাধারণভাবে বলা যায়, অ্যাসিড হাইড্রোজেন সমন্বিত যৌগ এবং উহার হাইড্রোজেন অংশতঃ বা পূর্ণতঃ ধাতু অথবা অনুরূপ মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপনীয়।



$$Zn+H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4+H_2, \quad ZnO+2HCl \rightarrow ZnCl_2+H_2O;$$
$$2Na+2H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4+H_2,$$ ইত্যাদি।

ইহার পর যখন আয়নীয় তত্ত্ব জানা গেল, তখন অ্যাসিড এবং ক্ষারের নূতন সংজ্ঞা দেওয়া হইল। দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন-উৎপাদনকারী যৌগই অ্যাসিড এবং হাইড্রক্সিল-আয়ন-উৎপাদনকারী যৌগ ক্ষার।

| অ্যাসিড | ক্ষার |
|---|---|
|  $HCl \rightleftharpoons H^++Cl^-$ |  $NaOH \rightleftharpoons Na^++OH^-$ |
|  $CH_3COOH \rightleftharpoons H^++CH_3COO^-$ |  $Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{++}+2OH^-$ |
|  $NaHSO_4 \rightarrow H^++Na^++SO_4^{--}$ |  $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^++OH^-$ |

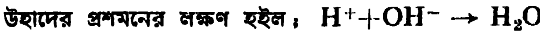
অ্যাসিড এবং ক্ষারের বৈপরীত্য অতি প্রাচীন কাল হইতেই জানা ছিল। ক্ষার কোন অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলেই বিক্রিয়া ঘটে এবং 'জল ও লবণ' উৎপন্ন হয়।



$$(H^++Cl^-)+(Na^++OH^-) \rightarrow NaCl+H_2O$$



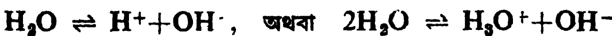
$$(2H^++SO_4^{--})+ZnO \rightarrow ZnSO_4+H_2O$$



উহাদের প্রশমনের লক্ষণ হইল; $H^++OH^- \rightarrow H_2O$

যে সকল অ্যাসিড দ্রবণে খুব বেশী আয়নিত হয় অর্থাৎ প্রচুর $H^+$ আয়ন উৎপন্ন করে, তাহাদের 'তীব্র অ্যাসিড' বলে। তীব্রতা $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব-দ্বারা নির্ণীত হয়। $HCl$, $H_2SO_4$, $HNO_3$ প্রভৃতি জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া থাকে, সুতরাং ইহারা যথেষ্ট তীব্র অ্যাসিড। $CH_3COOH$, $H_2CO_3$-দ্রবণ, $HCN$ প্রভৃতি দ্রবণে সামান্য আয়নিত হয়, সুতরাং ইহাদের 'মৃদু-অ্যাসিড' বলা হয়। সমান গাঢ়ত্বের 'A' এবং 'B' দুইটি অ্যাসিডের দ্রবণে $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব যদি $C_A$ এবং $C_B$, তাহা হইলে, অ্যাসিডদ্বয়ের তীব্রতা বা শক্তির অনুপাত হইবে, $S_A/S_B = C_A/C_B$।

জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড হইতে যে $H^+$ আয়ন বা প্রোটন উৎপন্ন হয়, তাহা একটি জলের অণুর সঙ্গে সংহত হইয়া $H_3O^+$ আয়ন হিসাবে থাকে। জল নিজেও সামান্য পরিমাণে (দশ লক্ষ ভাগে এক ভাগ) আয়নিত হয়,

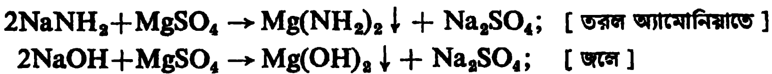


$$H_2O \rightleftharpoons H^++OH^-, \quad \text{অথবা} \quad 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^++OH^-$$

অতএব জল যুগপৎ মৃদু-অ্যাসিড বা মৃদু-ক্ষারের ন্যায় ব্যবহার করে।

**ব্রনস্টেড এবং লাউরীর তত্ত্ব** (Bronsted and Lowry, 1923)। উপরে অ্যাসিড ও ক্ষারের যে সংজ্ঞা দেওয়া হইয়াছে তাহা হইতে জলীয় দ্রবণে সংঘটিত বিক্রিয়ার ব্যাখ্যা সহজেই করা যায়। কিন্তু আবার অনেক বিক্রিয়ার সন্তোষজনক ব্যাখ্যা পাওয়া দুষ্কর। বিশেষতঃ

অ-জলীয় দ্রাবকে (non-aqueous solvent) যে সকল বিক্রিয়া ঘটে তাহা সুস্পষ্ট-ভাবে বোঝা যায় না। যেমন, সোডামাইড ($NaNH_2$) তরল অ্যামোনিয়াতে সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং জলে NaOH যেরূপ ব্যবহার করে উহাও তদ্রূপ ব্যবহার করে। এমন কি ঐ দ্রবণ অ্যাসিড-প্রশমন ক্ষমতা রাখে এবং ফিনথ্যলিন সূচককে লাল করিয়া থাকে। জলে যেমন NaOH ভারী ধাতব হাইড্রক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে, সোডামাইডও তরল অ্যামোনিয়াতে ভারী ধাতুর অ্যামাইড অধঃক্ষিপ্ত করে।



$$2NaNH_2 + MgSO_4 \rightarrow Mg(NH_2)_2 \downarrow + Na_2SO_4; \quad \text{[ তরল অ্যামোনিয়াতে ]}$$

$$2NaOH + MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4; \quad \text{[ জলে ]}$$

সুতরাং সোডামাইডের ধর্ম ক্ষারের-অনুরূপ। এই কারণে অ্যাসিড এবং ক্ষারের সংজ্ঞার পরিধি আরও বিস্তৃত হওয়া প্রয়োজন। বস্তুতঃ $H^+$ বা $OH^-$আয়ন উৎপাদন না করিয়াও উপযুক্ত অবস্থায় নানারকম পদার্থ অ্যাসিড কিংবা ক্ষারের ন্যায় ব্যবহার করে।

এইজন্য ব্রনস্টেড এবং লাউরী অ্যাসিড ও ক্ষারের এক নতুন সংজ্ঞা প্রস্তাব করেন। ইঁহাদের মতে—

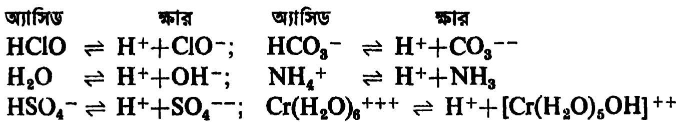
প্রোটন-ত্যাগের প্রবণতাবিশিষ্ট যে কোন পদার্থমাত্রই অ্যাসিড, আর প্রোটন-গ্রহণের প্রবণতাবিশিষ্ট যে কোন পদার্থমাত্রই ক্ষার। এই পদার্থগুলি আহিত (charged) বা অনাহিত ( uncharged )—উভয় প্রকারেরই হইতে পারে। অবশ্য কোন অ্যাসিড বা ক্ষার-জাতীয় পদার্থ, অ্যাসিডরূপে বা ক্ষাররূপে ব্যবহার করিবে কিনা তাহা নির্ভর করে দ্রাবকের প্রকৃতির উপর। কিন্তু প্রোটন-ত্যাগের ক্ষমতা থাকিলেই পদার্থটি অ্যাসিড, আর প্রোটন-গ্রহণের ক্ষমতা থাকিলেই পদার্থটি ক্ষার—তা উহা প্রোটন ত্যাগ বা গ্রহণ করুক বা না করুক তাহাতে কিছু আসে যায় না। অর্থাৎ, দ্রাবক-নিরপেক্ষই কোন বিশেষ পদার্থ অ্যাসিড বা ক্ষার। তবে প্রোটন ত্যাগ বা গ্রহণের ক্ষমতার মাত্রার দ্বারা উহার তীব্রতা (strength) নির্ণীত হয়। কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকে যে যত সহজে প্রোটন ত্যাগ বা গ্রহণ করিতে পারে সে ততবেশী তীব্র অ্যাসিড বা ক্ষার।

উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি আরও পরিষ্কার করিয়া বুঝান যাইতে পারে। যেমন, $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$ ; এবং $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ অবশ্য এইরূপ অনাবৃত প্রোটনের অস্তিত্ব না থাকিবারই কথা। জলীয় দ্রবণে খুব সম্ভবতঃ উহা জলযোজিত ($H_3O^+$) অবস্থায় থাকে। যাহা হউক, HCl এবং $CH_3COOH$—অ্যাসিড, কারণ উহারা প্রোটন ত্যাগপরায়ণ। বিপরীত বিক্রিয়া ধরিলে $Cl^-$-আয়ন, বিশেষতঃ $CH_3COO^-$ আয়ন—ক্ষার, কারণ উহারা প্রোটন গ্রহণে সমর্থ। বলা বাহুল্য, এই বিপরীত ক্রিয়া মৃদু অ্যাসিডের ক্ষেত্রে যথেষ্ট পরিমাণে ঘটিয়া থাকে, কিন্তু তীব্র অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কদাচিৎ ঘটে। সুতরাং অ্যাসিডের অ্যানায়ন-মাত্রই ক্ষার। তবে যে অ্যাসিড যত মৃদু, উহার অ্যানায়ন তত বেশী ক্ষারীয়। অর্থাৎ, মৃদু অ্যাসিডের অ্যানায়ন (যেমন, $CH_3COO^-$) তীব্র ক্ষার, কিন্তু তীব্র অ্যাসিডের অ্যানায়ন (যেমন, $Cl^-$) মৃদু ক্ষার। এ-জাতীয় ক্ষার ও উহাদের উৎস অ্যাসিডগুলিকে একে অন্যের সঙ্গে অনুবন্ধ (conjugate) বলা হয়। যেমন, অ্যাসিটেট্ আয়নটি অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অনুবন্ধ ক্ষার। আবার, অ্যাসিটিক

অ্যাসিড অ্যাসিটেট আয়নের অনুবন্ধ অ্যাসিড। এজাতীয় অ্যাসিড ও ক্ষারকে—যাহাদের মধ্যে পার্থক্য মাত্র একটি প্রোটন, অনুবন্ধ যুগ্ম বা জোড় ((conjugate pair) বলা যাইতে পারে।

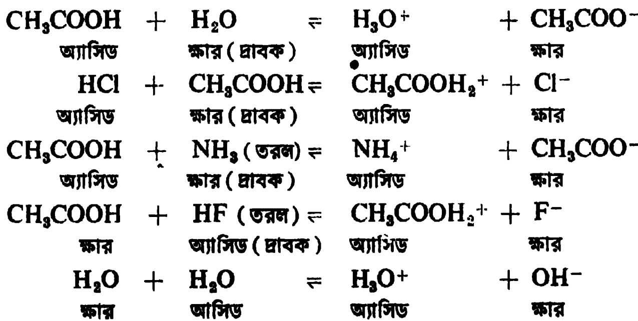
প্রাচীন মতে NaOH, $NH_4OH$ প্রভৃতি ক্ষার। কিন্তু আধুনিক মতে উহারা ক্ষার নয়, তবে উহাদের হইতে উদ্ভূত $OH^-$-আয়নটি ক্ষার। কারণ, উহা প্রোটন গ্রহণে সমর্থ ($OH^- + H^+ \rightleftharpoons H_2O$)।

পূর্বেই বলা হইয়াছে, অ্যাসিড বা ক্ষার আহিত এবং অনাহিত—উভয় প্রকারের হইতে পারে। এবং অ্যাসিড বা ক্ষারের পক্ষে ঐ আধানের প্রকৃতি (ধনাত্মক বা ঋণাত্মক) নির্দিষ্ট নহে। যেমন—



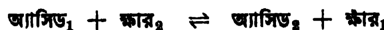
| অ্যাসিড | ক্ষার | অ্যাসিড | ক্ষার |
|---|---|---|---|
| $HClO \rightleftharpoons$ | $H^+ + ClO^-$; | $HCO_3^- \rightleftharpoons$ | $H^+ + CO_3^{--}$ |
| $H_2O \rightleftharpoons$ | $H^+ + OH^-$; | $NH_4^+ \rightleftharpoons$ | $H^+ + NH_3$ |
| $HSO_4^- \rightleftharpoons$ | $H^+ + SO_4^{--}$; | $Cr(H_2O)_6^{+++} \rightleftharpoons$ | $H^+ + [Cr(H_2O)_5OH]^{++}$ |

**দ্রাবকের ভূমিকা** (Role of solvent)। অ্যাসিডের আয়নন নির্ভর করে দ্রাবকের প্রকৃতির উপর। কোন পদার্থ প্রোটন-ত্যাগপ্রবণ হইলেও প্রোটন গ্রহণের উপযোগী ক্ষার না থাকিলে উহা প্রোটন-ত্যাগে সমর্থ হয় না। অতএব দ্রাবকটিকে ক্ষার হিসাবে কাজ করিতে হইবে—তবেই অ্যাসিডটি অ্যাসিডরূপে ব্যবহৃত হইতে পারিবে। অর্থাৎ, দ্রাবক যত বেশী ক্ষারীয় হইবে অ্যাসিডের আয়ননও তত বেশী হইবে। অনুরূপভাবে বলা যায়, কোন ক্ষারকে ক্ষার-রূপে ব্যবহার করিতে হইলে দ্রাবকটির আচরণ অ্যাসিডের মত হওয়া প্রয়োজন। অ্যাসিড বা ক্ষারের সঙ্গে দ্রাবকের বিক্রিয়া নিম্নরূপ সমীকরণদ্বারা প্রকাশ করা যায়।



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $CH_3COOH$ | + | $H_2O$ $\rightleftharpoons$ | $H_3O^+$ | + $CH_3COO^-$ |
| অ্যাসিড | | ক্ষার (দ্রাবক) | অ্যাসিড | ক্ষার |
| HCl | + | $CH_3COOH \rightleftharpoons$ | $CH_3COOH_2^+$ | + $Cl^-$ |
| অ্যাসিড | | ক্ষার (দ্রাবক) | অ্যাসিড | ক্ষার |
| $CH_3COOH$ | + | $NH_3$ (তরল) $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | + $CH_3COO^-$ |
| অ্যাসিড | | ক্ষার (দ্রাবক) | অ্যাসিড | ক্ষার |
| $CH_3COOH$ | + | HF (তরল) $\rightleftharpoons$ | $CH_3COOH_2^+$ | + $F^-$ |
| ক্ষার | | অ্যাসিড (দ্রাবক) | অ্যাসিড | ক্ষার |
| $H_2O$ | + | $H_2O$ $\rightleftharpoons$ | $H_3O^+$ | + $OH^-$ |
| ক্ষার | | আসিড | অ্যাসিড | ক্ষার |

অর্থাৎ,



$$\text{অ্যাসিড}_1 + \text{ক্ষার}_2 \rightleftharpoons \text{অ্যাসিড}_2 + \text{ক্ষার}_1$$

এই সকল ক্ষেত্রে অ্যাসিড$_1$ হইতে উৎপন্ন ক্ষার$_1$-কে বলা হয় যে তাহা অ্যাসিড$_1$-এর সহিত অনুবন্ধ। অনুরূপভাবে অ্যাসিড$_2$ও ক্ষার$_2$-এর সঙ্গে অনুবন্ধ। যাহা হউক, কোন পদার্থের অ্যাসিডীয় বা ক্ষারীয় তীব্রতা নির্ভর করিবে দ্রাবকের প্রকৃতির উপর।

যেমন, HCl জলে তীব্র অ্যাসিড, কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রাবকে মৃদু অ্যাসিড ; কারণ অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রাবকের প্রোটন-গ্রহণের ক্ষমতা জলের প্রোটন-গ্রহণের ক্ষমতা অপেক্ষা কম। আবার, অ্যাসিটিক অ্যাসিড জলে মৃদু অ্যাসিড, কিন্তু অ্যামোনিয়া দ্রাবকে তীব্র অ্যাসিড এবং HF-দ্রাবকে ক্ষার। $HClO_4$, HBr, $H_2SO_4$, HCl ও $HNO_3$ প্রভৃতি অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় সমশক্তি সম্পন্ন। কিন্তু গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে দ্রাবক-রূপে গ্রহণ করিলে ঐগুলির তীব্রতার ক্রম নিম্নরূপ :



$$HClO_4 > HBr > H_2SO_4 > HCl > HNO_3$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে দ্রাবকের প্রকৃতির দ্বারা অ্যাসিড বা ক্ষারের তীব্রতা—এমনকি চরিত্র পরিবর্তিত হইতে পারে।

**দ্রাবকের শ্রেণীবিভাগ।** ব্যবহার-অনুযায়ী দ্রাবক-সকলকে নিম্নলিখিত শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায় :

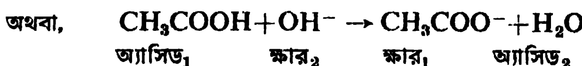
| | দ্রাবক | স্বভাব | উদাহরণ |
|---|---|---|---|
| (*i*) | প্রোটোফিলিক (protophilic) বা প্রোটনগ্রাহী | প্রোটন-গ্রহণ-প্রবণ | $H_2O$, $NH_3$, ইত্যাদি |
| (*ii*) | 'প্রোটোজিনিক' (protogenic) বা প্রোটন-ত্যাগী | প্রোটন-ত্যাগপরায়ণ | $H_2O$, HAc HF, ইত্যাদি |
| (*iii*) | 'অ্যামফিপ্রোটিক' (amphi-protic), প্রোটন ব্যাপারে উভধর্মী | প্রোটন গ্রহণ ও ত্যাগ—উভয় ব্যাপারে সমর্থ | $H_2O$, $C_2H_5OH$ ইত্যাদি |
| (*iv*) | 'অ্যাপ্রোটিক' (aprotic) প্রোটন-নিরপেক্ষ | প্রোটন গ্রহণ বা ত্যাগে উদাসীন | $C_6H_6$, $CCl_4$, ইত্যাদি |

উপরোক্ত মতের পরিপ্রেক্ষিতে প্রশমন-ক্রিয়া, আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রভৃতি সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করা যায়।

**প্রশমন** (neutralisation)। $CH_3COOH$-কে NaOH-দ্বারা প্রশমিত করিলে $CH_3COONa$ এবং $H_2O$ উৎপন্ন হয়।



$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$



অথবা, $$\underset{\text{অ্যাসিড}_1}{CH_3COOH} + \underset{\text{ক্ষার}_2}{OH^-} \rightarrow \underset{\text{ক্ষার}_1}{CH_3COO^-} + \underset{\text{অ্যাসিড}_2}{H_2O}$$

সুতরাং $CH_3COOH$-এর প্রশমনের ফলে উহার অনুবন্ধ-ক্ষার $CH_3COO^-$ পাওয়া যায়। আবার NaOH তথা $OH^-$ ক্ষারের প্রশমনের ফলে উহার অনুবন্ধ অ্যাসিড $H_2O$ পাওয়া যায়। অতএব, অ্যাসিড বা ক্ষারের প্রশমনের ফলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা ঐ অ্যাসিড বা ক্ষারের অনুবন্ধ ক্ষার বা অ্যাসিড।

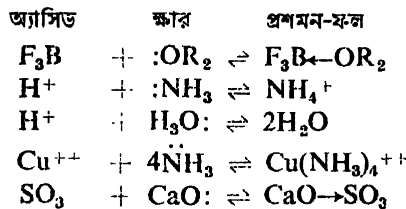
**আর্দ্রবিশ্লেষণ।** $CH_3COONa$-এর জলীয় দ্রবণ লিটমাসে ক্ষারীয় বিক্রিয়া দেখায়। ইহার কারণ নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায়।



$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+; \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ব্রনস্টেডীয় মতে $CH_3COO^-$ ক্ষার। সুতরাং ইহা জল হইতে উৎপন্ন প্রোটনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অবিয়োজিত $CH_3COOH$ তৈরী করিবে। ফলে দ্রবণে $OH^-$ আয়নের আধিক্য হেতু দ্রবণটি লিটমাসে ক্ষারীয় ক্রিয়া দেখাইবে।

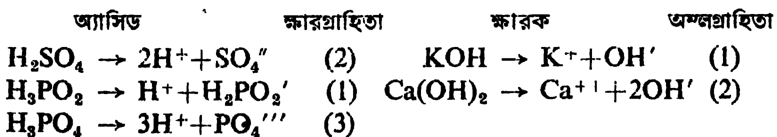
**লিউইস তত্ত্ব** ( Lewis theory)। যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের (যোজ্যতা দ্রষ্টব্য) মাধ্যমে 1938 সালে **লিউইস**, অ্যাসিড ও ক্ষারের সংজ্ঞাটি আরও ব্যাপকতর করেন। তাঁহার মতে এক জোড়া ইলেকট্রন ত্যাগের ক্ষমতাবিশিষ্ট পদার্থমাত্রই ক্ষার, আর উহা গ্রহণযোগ্য পদার্থমাত্রই অ্যাসিড। কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।



| অ্যাসিড | | ক্ষার | | প্রশমন-ফল |
|---|---|---|---|---|
| $F_3B$ | + | $:OR_2$ | $\rightleftharpoons$ | $F_3B \leftarrow OR_2$ |
| $H^+$ | + | $:NH_3$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ |
| $H^+$ | + | $H_2O:$ | $\rightleftharpoons$ | $2H_2O$ |
| $Cu^{++}$ | + | $4\ddot{N}H_3$ | $\rightleftharpoons$ | $Cu(NH_3)_4^{++}$ |
| $SO_3$ | + | $CaO:$ | $\rightleftharpoons$ | $CaO \rightarrow SO_3$ |

এই রকম বিক্রিয়াতে অবশ্যই অধিকাংশ ক্ষেত্রে অসমযোজ্যতার সৃষ্টি হয়। $AlCl_3$-কে পিরিডিন ($C_5H_5N$) দিয়া ক্লোরোবেনজিন দ্রাবকে প্রশমন করা, বা $BCl_3$-কে থ্যলিক অ্যানহাইড্রাইড (phthalic anhydride) দ্বারা প্রশমন করার ব্যাখ্যা এই লিউইস-তত্ত্ব হইতে সম্ভব। $H^+$ বা প্রোটন উৎপাদন না করিয়াও পদার্থের অ্যাসিড-ধর্ম থাকিতে পারে, ইহার সঙ্গত ব্যাখ্যা ইহাতে পাওয়া যায়।

৫-২। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা ও ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা [Basicity of an acid and acidity of a base] দেখা যায়, দুইটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুকে প্রশমন করিতে একটি $H_2SO_4$-অণু অথবা দুইটি $HCl$-অণু প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ, বিভিন্ন অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব প্রশমন-ক্ষমতা এক নয়। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলিতে এই 'ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা' বুঝায়। অ্যাসিডের অণুতে যে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, সেই সংখ্যাদ্বারা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারিক।



| অ্যাসিড | ক্ষারগ্রাহিতা | ক্ষারক | অম্লগ্রাহিতা |
|---|---|---|---|
| $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4''$ | (2) | $KOH \rightarrow K^+ + OH'$ | (1) |
| $H_3PO_2 \rightarrow H^+ + H_2PO_2'$ | (1) | $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{++} + 2OH'$ | (2) |
| $H_3PO_4 \rightarrow 3H^+ + PO_4'''$ | (3) | | |

বিভিন্ন ক্ষারের অ্যাসিড-প্রশমন-ক্ষমতাও এক নয়। প্রতি অণু ক্ষারক হইতে যে কয়টি $OH^-$-মূলক আয়নিত হয় তাহাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা। যেমন, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বি-আম্লিক।

৫-৩। **জলের আয়নন**। জল অতি নিকৃষ্ট তড়িৎ-পরিবাহী। জলের বিয়োজন অতি সামান্য। উহা ক্ষীণ-তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ। ইহার বিয়োজন,



$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

অতএব, উহার সাম্যধ্রুবক হইবে, $K = \frac{C_{H^+} \times C_{OH^-}}{C_{H_2O}}$ (৪-৮ অনুচ্ছেদ)

ইহাই জলের বিয়োজন-ধ্রুবক। জলের বিয়োজন এত সামান্য (এক কোটি ভাগের এক ভাগ) যে $C_{H_2O}$-এর কোন পরিবর্তন ধর্তব্য নয়। $C_{H_2O}$ বস্তুতঃ একই থাকে। অতএব,

$$C_{H^+} \times C_{OH^-} = K.C_{H_2O} \rightleftharpoons K_\omega \text{ (একটি ধ্রুবক)}$$

অর্থাৎ, $H^+$ এবং $OH^-$ আয়নের গাঢ়ত্বের গুণফল ($K_\omega$) একটি নির্দিষ্ট সংখ্যা। $K_w$,-কে বলা হয়, জলের আয়নীয় গুণফল (ionic product of water)।

বিশুদ্ধ জলে, $C_{H^+} = C_{OH^-}$। 25°C-এ জলের আয়নীয় গুণফল, $K_\omega = 1 \times 10^{-14}$ অর্থাৎ, $C_{H^+} = 1 \times 10^{-7}$।

**৫-৪। pH-ক্রম (pH-scale)।** বিভিন্ন পরীক্ষায় আমরা নানা গাঢ়ত্বের অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করি। ঐ সকল দ্রবণের মধ্যে $H^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব জানা অনেক সময়ই প্রয়োজন হয়। একটা কথা মনে রাখা দরকার, যে কোন জলীয় দ্রবণেই $H^+$ এবং $OH^-$ আয়ন যুগপৎ বর্তমান। একটি গাঢ় অ্যাসিডেও $OH^-$ আয়ন আছে, পরিমাণে অবশ্য খুব কম। আবার একটি গাঢ় ক্ষারীয় দ্রবণেও $H^+$ আছে তবে পরিমাণে খুব কম। কারণ, $C_{H^+} \times C_{OH^-} = 10^{-14}$ (নির্দিষ্ট), যদি $C_{H^+}$ অথবা $C_{OH^-}$ শূন্য হয় তবে এই সমীকরণ অর্থহীন হইবে।

একটি 0.1N HCl দ্রবণে, $C_{H^+} = 10^{-1}$ (সম্পূর্ণ বিয়োজিত)।

অতএব, $C_{OH^-} = 10^{-14}/C_{H^+} = 10^{-14}/10^{-1} = 10^{-13}$

একটি 0.01N NaOH দ্রবণে, $C_{OH^-} = 10^{-2}$ (সম্পূর্ণ বিয়োজিত)।

$\therefore \quad C_{H^+} = 10^{-14}/C_{OH^-} = 10^{-14}/10^{-2} = 10^{-12}$

যে দ্রবণে $C_{H^+} > C_{OH^-}$, উহা অ্যাসিডীয়। আর যে দ্রবণে $C_{H^+} < C_{OH^-}$ উহা ক্ষারীয়। জল প্রশম—উহা অ্যাসিডও নয়, ক্ষারও নয়। উহার $C_{H^+} = C_{OH^-} = 10^{-7}$।

দ্রবণের $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব আমরা সাধারণভাবে তুল্যতা এককের (normality) দ্বারা প্রকাশ করিতে পারি। যেমন ধর, একটি অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব N/6000 (HCl), উহার $C_{H^+} = 1.66 \times 10^{-4}$। একটি ক্ষার-দ্রবণের গাঢ়ত্ব যদি 0.02N হয় তাহা হইলে $C_{OH^-} = 2 \times 10^{-2}$, অথবা $C_{H^+} = 5 \times 10^{-13}$। এইরূপ 10-এর ঘাত দ্বারা গাঢ়ত্ব প্রকাশ যথেষ্ট অসুবিধাজনক। এইজন্য লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে সোরেনসন (Sorensen) একটি বিকল্প পদ্ধতি প্রবর্তন করেন এবং তাহাই এখন সর্বত্র অ্যাসিড বা ক্ষারের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করিতে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে গাঢ়ত্বটিকে 10-এর ঘাতে লইয়া সেই ঘাতকটিকেই (—) বিপরীত চিহ্ন দিয়া গাঢ়ত্বের পরিমাপক বলিয়া গণ্য করা হয়। এই সংখ্যাটিকে বলা হয় pH।

যেমন, $C_{H^+} = 1.66 \times 10^{-4} = 10^{-3.77}$, $\therefore$ pH = 3.77

আবার 0.1N HCl-এ, $C_{H^+} = 10^{-1}$, অতএব, pH = 1.0

সেইরূপ 0.01N NaOH দ্রবণে, $C_{OH^-} = 10^{-2}$; $C_{H^+} = 10^{-12}$,

$\therefore$ pH = 12.0। অর্থাৎ $C_{H^+} = 10^{-pH}$

সংজ্ঞা। গাণিতিক উপায়ে এই ব্যবস্থা সহজে প্রকাশ করা যায়।

$$pH = -\log C_{H^+}$$

অর্থাৎ, $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্বের ঋণাত্মক logarithm-কে pH বলে।

অনুরূপভাবে $OH^-$ আয়নের গাঢ়ত্বও প্রকাশ করা যায়,

$$pOH = -\log C_{OH^-}$$

আবার, $$C_{H^+} \times C_{OH^-} = K_w$$

$$\therefore -\log C_{H^+} + (-\log C_{OH^-}) = -\log K_w$$

$$pH + pOH = -\log K_w = pK_w$$

[ $-\log K_w$-কে $pK_w$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ] 25°C-উষ্ণতায়,

$-\log K_w = -\log 10^{-14} = 14$; $\therefore$ pH+pOH = 14

জল প্রশম। উহার $C_{H^+} = 10^{-7}$। অতএব উহার pH = 7.0 সমস্ত অ্যাসিডীয় দ্রবণের pH-মূল্য 7-এর নীচে হইবে। আর সমস্ত ক্ষারীয় দ্রবণের pH-মূল্য 7-এর উপরে হইবেই। যেমন, সম্পূর্ণ বিয়োজিত ধরিয়া,

0.1M অ্যাসিড, $C_{H^+} = 10^{-1}$, pH = 1

0.0001M অ্যাসিড, $C_{H^+} = 10^{-4}$, pH = 4

0.1M ক্ষার, $C_{OH^-} = 10^{-1}$; $C_{H^+} = 10^{-13}$, pH = 13

0.0001M ক্ষার, $C_{OH^-} = 10^{-4}$; $C_{H^+} = 10^{-10}$, pH = 10

নিম্ন তালিকা হইতে দ্রবণের অ্যাসিড ও ক্ষারত্বের (pH) ধারণা সহজেই বোঝা যায়।

| অ্যাসিড দ্রবণ | প্রশম জল | ক্ষারক দ্রবণ |
|---|---|---|
| $C_{H^+} \rightarrow 10^{-1}\ 10^{-2} \ldots 10^{-6}$ (M) | $10^{-7}$ • | $10^{-6} \ldots 10^{-2}\ 10^{-1} \leftarrow C_{OH^-}$ (M) |
| pH 1 2 ...6 | 7 | 8 ...12 13 |

pH-প্রকাশের রীতি অনুসরণ করিয়া মৃদু-অ্যাসিড বা ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক $K_a$ এবং $K_b$ প্রকাশ করা হয়,

$$pK_a = -\log K_a, \text{ এবং } pK_b = -\log K_b.$$

যেমন $K_{\text{স্যালিসাইলিক অ্যাসিড}} = 10^{-3}$, উহার $pK_a = 3.0$.

উদাহরণ ১। পূর্ণ আয়নন ধরিয়া এই দ্রবণগুলির pH-মূল্য গণনা কর। (ক) $4.9 \times 10^{-4}$N অ্যাসিড (খ) 0.0016N ক্ষার।

(ক) $C_{H^+} = 4.9 \times 10^{-4}$; $pH = \log \frac{1}{4.9 \times 10^{-4}} = \log \frac{10^4}{4.9} = 3.31$

(খ) $C_{H^+} = \frac{10^{-14}}{C_{OH^-}} = \frac{10^{-14}}{1.6 \times 10^{-3}}$; $pH = \log \frac{1.6}{10^{-11}} = 11.20$

**উদাহরণ ২।** একটি দ্রবণের $pH = 3.63$ হইলে উহার $H^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব কত ?

$$pH = \log\frac{1}{C_{H^+}} = 3.63;\ \log C_{H^+} = -3.63 = \bar{4}.37$$

$$C_{H^+} = 2.34 \times 10^{-4} \text{ গ্রাম-আয়ন / লিটার}$$

**উদাহরণ ৩।** শতকরা 1.3 ভাগ (1.3%) আয়নিত এমন 0.1N মৃদু-ক্ষার দ্রবণের $C_{H^+}$ এবং $C_{OH^-}$ গণনা কর। দ্রবণটির pH কত ?

$$C_{OH^-} = 0.013 \times 0.1N = 1.3 \times 10^{-3},$$

$$C_{H^+} = \frac{10^{-14}}{1.3 \times 10^{-3}} = 7.7 \times 10^{-12}$$

$$pH = \log\frac{1}{7.7 \times 10^{-12}} = \log\frac{10^{12}}{7.7} = 11.11$$

**৫-৫। অ্যাসিড ও ক্ষারের আপেক্ষিক তীব্রতা (relative strengths of acid and bases)।** প্রোটন-ত্যাগের ক্ষমতা দ্বারা অ্যাসিডের শক্তি বা তীব্রতা নিরূপিত হয়। অতএব, জলীয় দ্রবণে যে-অ্যাসিড যত বেশী $H^+$-আয়ন উৎপন্ন করিবে সেই অ্যাসিডের তীব্রতা তত বেশী। A এবং B দুইটি অ্যাসিডের সমমাত্রার জলীয় দ্রবণে যদি $H^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব $C_A$ এবং $C_B$ হয়, তবে ঐ অ্যাসিড দুইটির তীব্রতার অনুপাত হইবে $C_A : C_B$।

দুইটি অ্যাসিড বা ক্ষারের তীব্রতা নানাভাবে তুলনা করা যায়। উহার কয়েকটি প্রণালী এখানে উল্লেখ করা হইল।

(১) **অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবক হইতে :** মনে কর, $HA_1$ এবং $HA_2$ এই দুইটি অ্যাসিডের কোন সমগাঢ়ত্বের (C) জলীয় দ্রবণে উহাদের বিয়োজন-মাত্রা যথাক্রমে $\alpha_1$ এবং $\alpha_2$। যদি অ্যাসিডদ্বয়ের তীব্রতা (strength) যথাক্রমে $S_1$ এবং $S_2$ হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\alpha_1 C}{\alpha_2 C} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

অ্যাসিড দুইটি যদি মৃদু ধরনের হয় তবে মোটামুটি, $\alpha = \sqrt{k/c}$; (অনুচ্ছেদ, ৪-৮ )

অতএব
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \sqrt{\frac{k_1/c}{k_2/c}} = \sqrt{k_1/k_2}$$

∴ অ্যাসিড দুইটির বিয়োজন-ধ্রুবক ($k_1$ এবং $k_2$) হইতে তীব্রতা তুলনা করা সম্ভব।

(২) **পরিবাহিতা-পদ্ধতি।** অ্যাসিডের দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ভর করে হাইড্রোজেন আয়নের পরিবাহিতা ($l_{H^+}$) এবং অ্যানায়নের পরিবাহিতা ($l_{A^-}$) উপরে কিন্তু $l_{A^-}$ এর মূল্য $l_{H^+}$ এর তুলনায় খুবই কম। সুতরাং অ্যাসিড দ্রবণের পরিবাহিতা প্রধানতঃ $H^+$ -আয়নের পরিবাহিতার উপরেই নির্ভর করে।

$$\lambda_0 = l_{H^+} + l_{A^-} \approx l_{H^+}$$

মনে কর, কোন নির্দিষ্ট গাঢ়ত্বে $HA_1$ এবং $HA_2$ অ্যাসিড দুইটির তুল্যাঙ্ক-পরিবাহিতা $\lambda_1$ এবং $\lambda_2$। উহাদের তীব্রতার অনুপাত হইবে,

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\lambda_1/\lambda_{0(1)}}{\lambda_2/\lambda_{0(2)}} \approx \frac{\lambda_1/l_{H^+}}{\lambda_2/l_{H^+}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

অর্থাৎ মোটামুটিভাবে পরিবাহিতার অনুপাতই অ্যাসিডদ্বয়ের তীব্রতার অনুপাত। [ জানা আছে, $\lambda_0 = l_{H^+} + l_{A^-}$ ]

(৩) **অনুঘটন পদ্ধতি।** কোন কোন জৈব পদার্থের আদ্র´-বিশ্লেষণে, [ যেমন ইক্ষুশর্করার দ্রবণ, বা মিথাইল-অ্যাসিটেটের দ্রবণ ] $H^+$-আয়ন বিশিষ্ট অনুঘটকের কাজ করে। এই আদ্র´বিশ্লেষণ ক্রিয়ার গতিবেগ,

$$R = k_1 C_{H^+} \cdot C_S$$

[$C_S$ = জৈব পদার্থের গাঢ়ত্ব, $C_{H^+}$ = $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব]

এখন $HA_1$ এবং $HA_2$ এই দুইটি অ্যাসিড সমগাঢ়ত্বে পৃথকভাবে রাখিয়া এক অবস্থায় একই গাঢ়ত্বের চিনির আদ্র´-বিশ্লেষণ করা হয় এবং দুই ক্ষেত্রে গতিবেগ $R_1$ এবং $R_2$ মাপা হয়।

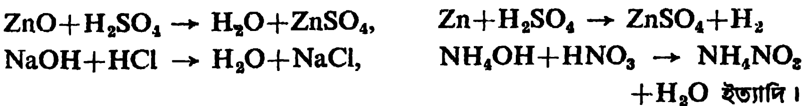
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{k_1 C_{H^+}(1).C_S}{k_1 C_{H^+}(2).C_S} = \frac{C_{H^+}(1)}{C_{H^+}(2)} = \frac{S_1}{S_2}$$

অতএব, আদ্র´-বিশ্লেষণের হার হইতে তীব্রতার অনুপাত জানা যায়।

(৪) **E.m.f. পদ্ধতি।** অ্যাসিডের তীব্রতার তুলনা করিতে হইলে বস্তুতঃ উভয় ক্ষেত্রে $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব জানা প্রয়োজন। যে দুইটি অ্যাসিডের শক্তি তুলনা করিতে হইবে তাহাদের সমগাঢ়ত্বের দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া পৃথকভাবে e.m.f. প্রণালীতে pH মাপিলেই দুইটি দ্রবণের $C_{H^+}$ জানা যাইবে। সুতরাং তাহাদের শক্তির অনুপাত জানা যাইবে। মনে কর, দুইটি অ্যাসিড দ্রবণের pH-এর মূল্য pH(1) এবং pH(2)।

$$\therefore \frac{S_1}{S_2} = \frac{C_{H^+}(1)}{C_{H^+}(2)} = \frac{10^{-pH(1)}}{10^{-pH(2)}} = 10^{pH(2)-pH(1)}$$

৫-৬। **লবণ।** অ্যাসিড এবং ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে, জলের সহিত অপর যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাহাকেই 'লবণ' বলে। অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু বা ঐ জাতীয় মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে লবণ উৎপন্ন হয়।



$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow H_2O + ZnSO_4$, $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

$NaOH + HCl \rightarrow H_2O + NaCl$, $NH_4OH + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 + H_2O$ ইত্যাদি।

প্রশমন-ক্রিয়া হইতে স্পষ্টই বুঝা যায়, ক্ষারকের পরাবিদ্যুৎবাহী অংশ অম্লের অপরা-বিদ্যুৎবাহী অংশের সহিত মিলিয়া লবণ গঠিত।

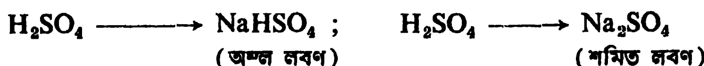


$$Na^+ + (OH^- + H^+) + Cl^- = H_2O + Na^+ + Cl^-$$

সাধারণতঃ লবণের জলীয় দ্রবণ তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য, কারণ দ্রবণে লবণ সর্বদা সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া থাকে।

লবণ নানারকমের। অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন যদি আংশিকভাবে ধাতু-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে উহা অম্ল লবণে (acid salt) পরিণত হইবে। এই

লবণের অণুতে আরও প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণু থাকিবে। সবগুলি প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণু যদি ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে উহা শমিত লবণ (neutral salt) হইবে।



$$H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 \text{ (অম্ল লবণ)} ; \quad H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 \text{ (শমিত লবণ)}$$

ক্ষারকের $OH^-$-কে অধাতু বা আম্লিক মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলেও লবণ উৎপন্ন হয়। আংশিক প্রতিস্থাপনে ক্ষার-লবণ (basic salt) পাওয়া যায়। যেমন,



$$Pb(OH)(OH) \longrightarrow Pb(OH)(NO_3), \text{ অথবা, } \tfrac{1}{2}\left\{Pb(OH)_2, Pb(NO_3)_2\right\}$$

ইহাছাড়া, দ্বিধাতুক লবণ, জটিল লবণও সৃষ্টি হইতে পারে, উহাদের বিষয় পরে আলোচনা করা হইবে।

**৫-৭। সম-আয়ন প্রভাব [common ion effect]।** যদি দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনের ফলে উদ্ভূত আয়নের একটি আয়ন উভয় ক্ষেত্রে একই হয়, তাহা হইলে সেই আয়নটিকে 'সম-আয়ন' বলা হয়। যেমন,

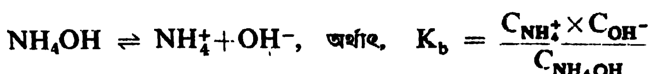


$$HAC \rightarrow H^+ + Ac^- \quad ; \quad NaAc \rightarrow Na^+ + Ac^-$$

এখানে $Ac^-$, অ্যাসিটেট আয়ন সম-আয়ন।

এইরূপ সম-আয়নযুক্ত দুইটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণ যদি মিশ্রিত থাকে তবে উহাদের বিয়োজন-মাত্রার সচরাচর হ্রাস দেখা যায়। বিশেষতঃ উহাদের মধ্যে মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটির বিয়োজন অবশ্যই বিশেষ হ্রাস পাইবে।

মনে কর, মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য $NH_4OH$ দ্রবণ লওয়া হইল, উহার বিয়োজন,



$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-, \text{ অর্থাৎ, } K_b = \frac{C_{NH_4^+} \times C_{OH^-}}{C_{NH_4OH}}$$

এখন উহাতে যদি খানিকটা $NH_4Cl$, মিশান হয়, তবে $NH_4^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব অনেক বৃদ্ধি পাইবে, কেন না $NH_4Cl$ লবণ বলিয়া উহার বিয়োজন প্রায় সম্পূর্ণ। যেহেতু দ্রবণে $C_{NH_4^+}$ বাড়িয়া গেল, বিয়োজন-ধ্রুবক ($K_b$) নির্দিষ্ট রাখার জন্য $C_{OH^-}$ কমিবে অর্থাৎ $C_{NH_4OH}$ বাড়িবে। ফলে, লবণের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়ার বিয়োজন-মাত্রা হ্রাস পাইবে।

এইজন্য, বৈশ্লেষিক রসায়নে, দ্রবিত $H_2S$ হইতে উৎপন্ন $S^{--}$ আয়নের গাঢ়ত্ব কমাইবার জন্য HCl, $NH_4OH$ হইতে উৎপন্ন $OH^-$ আয়নের গাঢ়ত্ব কমাইবার জন্য $NH_4Cl$, $CH_3COOH$-এর বিয়োজন-জাত $H^+$ কমাইবার জন্য $CH_3COONa$ সর্বদা ব্যবহৃত হয়।

কোন অ্যাসিডের দ্রবণে উহার লবণ মিশ্রিত থাকিলে, সেই দ্রবণের অম্লত্ব বা pH গণনা করা সম্ভব। মনে কর, একটি মৃদু-অ্যাসিড HA-এর দ্রবণে উহার লবণ BA মিশ্রিত আছে।



$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad \text{অর্থাৎ} \quad k_a = C_{H^+} \times C_{A^-}/C_{HA}$$

logarithm লইলে, $\log k_a = \log C_{H^+} + \log (C_{A^-}/C_{HA})$

$$-\log C_{H^+} = -\log k_a + \log (C_{A^-}/C_{HA})$$

অথাৎ $$pH = pk_a + \log C_{A^-}/C_{HA}$$

সম-আয়ন প্রভাবে, অ্যাসিডের বিয়োজন খুব কমই হইবে, সুতরাং

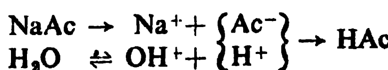
$C_{A^-} = C_{\text{লবণ}} = C_{BA}$

$$\therefore \quad pH = pk_a + \log C_{BA}/C_{HA}$$

ইহাকে বলে **'হেণ্ডারসন সমীকরণ'**। লবণের গাঢ়ত্বের এবং অ্যাসিডের গাঢ়ত্বের উপর মিশ্র দ্রবণের ক্ষারত্ব বা অম্লত্ব নির্ভর করে।

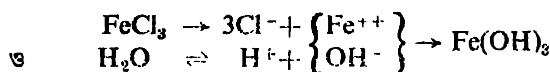
যদি কোন লবণে নির্দিষ্ট কোন অ্যাসিড এবং উহার লবণ থাকে, এই সমীকরণ হইতে উহার pH পাওয়া যাইবে।

**৫-৮। লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (Hydrolysis of salts)।** তুল্যাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত লবণ শমিত হইবে এবং উহার দ্রবণ প্রশম হওয়া উচিত। কিন্তু সব সময় তাহা হয় না। অ্যাসিড ও ক্ষার—উভয়েই যদি তীব্র হয় তবে এ জাতীয় লবণের দ্রবণের pH-মূল্য 7.0 হয়। কিন্তু অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে একটি অথবা উভয়েই যদি মৃদু অর্থাৎ ক্ষীণ হয় তবে উক্ত দ্রবণের pH, 7.0 অপেক্ষা কম বা বেশী হইতে দেখা যায়। অর্থাৎ তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের উদ্ভূত লবণ ব্যতীত অন্যান্য লবণের দ্রবণ কখনও অ্যাসিডীয়—কখনও বা ক্ষারীয় হইয়া থাকে। যেমন, $CH_3COONa$-এর দ্রবণ ক্ষারীয় এবং $NH_4Cl$-এর দ্রবণ অ্যাসিডীয়। প্রশম লবণের দ্রবণের এইরূপ ব্যবহারের কারণ স্বরূপ বলা হয় যে, লবণটি জলদ্বারা কিঞ্চিৎ বিভজিত (decomposed) হয় ($BA + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$)। সেই বিভজনের ফলে তুল্য পরিমাণ ক্ষার ও অ্যাসিড মুক্ত হয়। উহারা সম পরিমাণে মুক্ত হইলেও উহাদের মধ্যে যেইটি তীব্রতর, সেইটির প্রকৃতি অনুযায়ী দ্রবণটি অ্যাসিডীয় বা ক্ষারীয় ক্রিয়া দেখায়। জলদ্বারা লবণের এই তথাকথিত বিভজনকে **আর্দ্র-বিশ্লেষণ** বলে। বস্তুতঃ ইহা প্রশমনের আংশিক বিপরীত ঘটনা (reverse)। লবণের আদি উপাদান অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যে একটি বা উভয়ই যদি ক্ষীণ হয়, তবে লবণটি জলে দ্রবীভূত করিলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইবে। বস্তুতঃ, জলের আংশিক বিয়োজনের ফলে $H^+$-আয়ন ও $OH^-$ আয়ন উৎপন্ন হয় এবং লবণের কোন একটি আয়ন বা উভয় আয়ন কর্তৃক সেই $H^+$ ও $OH^-$ আয়নের যে কোন একটির অথবা উভয়ের অপসারণদ্বারা অবিয়োজিত অণু সৃষ্টি করাই আর্দ্র-বিশ্লেষণ। যেমন, সোডিয়াম অ্যাসিটেট জলে দ্রবীভূত করিলে $Ac^-$ আয়ন জলের $H^+$ আয়ন অপসারিত করিয়া অবিয়োজিত HAc উৎপন্ন করে। ফলে দ্রবণে $OH^-$ আয়নের আধিক্য ঘটে এবং দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়।



$$\begin{matrix} NaAc \rightarrow Na^+ + \\ H_2O \rightleftharpoons OH^+ + \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} Ac^- \\ H^+ \end{matrix} \right\} \rightarrow HAc$$

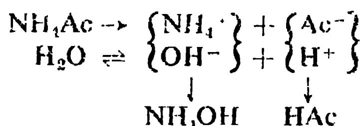
আবার ফেরিক ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিলে, ফেরিক আয়ন কর্তৃক $OH^-$-আয়ন অপসারিত হয় এবং অদ্রবণীয় $Fe(OH)_3$ তৈরী হয়।



$$\begin{array}{lcl} FeCl_3 & \rightarrow & 3Cl^- + \left\{\begin{array}{l} Fe^{+++} \\ OH^- \end{array}\right\} \rightarrow Fe(OH)_3 \\ ও \quad H_2O & \rightleftharpoons & H^+ + \end{array}$$

ফলে, দ্রবণে $H^+$ আয়নের আধিক্য ঘটে এবং দ্রবণটি অ্যাসিডীয় হয়।

কিন্তু $NH_4$-অ্যাসিটেট জলে দ্রবীভূত করিলে, $H^+$-আয়ন—$Ac^-$ আয়ন কর্তৃক এবং $OH^-$-আয়ন $NH_4^+$-আয়ন কর্তৃক অপসারিত হয় এবং অবিয়োজিত $HAc$ ও $NH_4OH$ উৎপন্ন হয়।

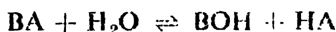


$$\begin{array}{lcl} NH_4Ac & \rightarrow & \{NH_4^+\} + \{Ac^-\} \\ H_2O & \rightleftharpoons & \{OH^-\} + \{H^+\} \\ & & \quad\downarrow \qquad\quad \downarrow \\ & & NH_4OH \quad HAc \end{array}$$

অপসারণের ফলে $H^+$ বা $OH^-$-আয়নের মধ্যে যেইটির আধিক্য ঘটিবে দ্রবণটি তদনুযায়ী অ্যাসিডীয় বা ক্ষারীয় ক্রিয়া দেখাইবে।

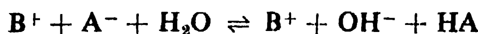
বিভিন্ন লবণ দ্রবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ নিম্নে দেখান হইল :

(ক) ক্ষীণ-অ্যাসিড এবং তীব্র-ক্ষারের লবণ, (যেমন, $CH_3COONa$)। এইরূপ লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দেখান যাইতে পারে,



$$BA + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$$

লবণটি সম্পূর্ণ বিয়োজিত থাকে, এখানে অম্লটি ক্ষীণ সুতরাং উহার বিয়োজন নিতান্তই কম, এবং সম-আয়ন ($A^-$) থাকার দরুণ উহার বিয়োজন আরও কম, অর্থাৎ নগণ্য। সুতরাং, বলা যায়,



$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons B^+ + OH^- + HA$$



অর্থাৎ, $$A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA$$

ভরসূত্রানুসারে, $$K = \frac{C_{OH^-} \times C_{HA}}{C_{A^-} \times C_{H_2O}}$$

জলের পরিমাণের বিশেষ কোন তারতম্য হয় না, অর্থাৎ $C_{H_2O}$ অপরিবর্তিত থাকে।

$$\therefore \quad \frac{C_{OH^-} \times C_{HA}}{C_{A^-}} = K.C_{H_2O} = k_h$$

এই $k_h$-কে 'আর্দ্র-বিশ্লেষ-ধ্রুবক' বলে। ক্ষীণ-অ্যাসিড $HA$-এর বিয়োজন ধ্রুবক, $k_a = C_{H^+} \times C_{A^-}/C_{HA}$

$$\therefore \quad C_{HA} = C_{H^+} \times C_{A^-}/k_a$$

ইহাকে উপরের সমীকরণে বসাইলে, $$k_h = \frac{C_{OH^-}.C_{H^+}.C_{A^-}}{C_{A^-}.k_a} = \frac{k_w}{k_a}$$

$k_w$, জলের আয়নীয় গুণফল। যদি লবণের গাঢ়ত্ব 'c' হয় এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণ-মাত্রা

(লবণের যে ভগ্নাংশ আর্দ্র-বিশ্লেষিত) 'h' হয়, তবে, $C_{HA} = ch$, $C_{OH^-} = ch$ এবং $C_{A^-} = c(1-h)$

$$\therefore \quad k_h = \frac{ch \cdot ch}{c(1-h)} = \frac{ch^2}{1-h} \approx ch^2, \quad (\because \; h \ll 1)$$

$$\therefore \quad h = \sqrt{\frac{k_h}{c}}$$

দ্রবণের pH-এর মূল্য : $C_{H^+} = k_w/C_{OH^-} = k_w/ch$

অথবা, $$C_{H^+} = \frac{k_w}{c\sqrt{k_h/c}} = \frac{k_w}{\sqrt{c} \cdot \sqrt{k_w/k_a}} = \sqrt{\frac{k_w \cdot k_a}{c}}$$

সুতরাং $-\log C_{H^+} = -\frac{1}{2}\log k_w - \frac{1}{2}\log k_a + \frac{1}{2}\log c$

$$\therefore \quad pH = \tfrac{1}{2}pk_w + \tfrac{1}{2}pk_a + \tfrac{1}{2}\log c$$
$$= 7 + \tfrac{1}{2}pk_a + \tfrac{1}{2}\log c \quad (25°C \text{ উষ্ণতায়})$$

উদাহরণ ১। 25°C-উষ্ণতায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আয়নন-ধ্রুবক হইল $1.8 \times 10^{-5}$ এবং জলের আয়নীয় গুণফল $1.2 \times 10^{-14}$. সোডিয়াম অ্যাসিটেটের 1N-দ্রবণটি শতকরা কতভাগ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়? (বিহার, 1962)

$$k_h = \frac{k_w}{k_a} = \frac{1.2 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 6.666 \times 10^{-8}; \text{ আবার, } k_h \approx ch^2$$

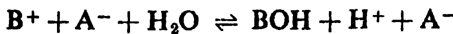
$$\therefore \quad h = \sqrt{\frac{k_h}{c}} = \sqrt{6.666 \times 10^{-8}/1.0} = 2.582 \times 10^{-4}$$

উদাহরণ ২। 25°C-উষ্ণতায় 0.1M $CH_3COONa$-দ্রবণের pH কত? 25°C-উষ্ণতায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবক, $1.75 \times 10^{-5}$।

$$pk_a = -\log(1.75 \times 10^{-5}) \approx 4.76$$

$$pH = \tfrac{1}{2}pk_w + \tfrac{1}{2}pk_a + \tfrac{1}{2}\log c = \tfrac{1}{2} \times 14 + \tfrac{1}{2} \times 4.76 + \tfrac{1}{2}(-1) = 8.88$$

(খ) **ক্ষীণ-ক্ষার এবং তীব্র-অ্যাসিডের লবণ** (যেমন, $NH_4Cl$, $FeCl_3$ প্রভৃতি)। এই রকম দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণে যে ক্ষারক উৎপন্ন হইবে, উহা প্রায় অবিয়োজিত থাকিবে। মনে কর, লবণের গাঢ়ত্ব, c।



$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+ + A^-$$



অথবা, $$B^+ + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+$$



গাঢ়ত্ব $\quad c(1-h) \qquad ch \qquad ch \quad$ (h = আর্দ্র-বিশ্লেষণ মাত্রা)

লবণ এবং উপজাত অ্যাসিড উভয়েই তীব্র সুতরাং সম্পূর্ণ বিয়োজিত। পূর্বের পদ্ধতিতে, সহজেই দেখান যায়, $k_h = k_w/k_b$.

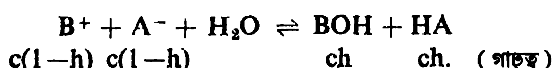
এবং $k_h = (C_{H^+} \times C_{BOH})/C_{B^-} = ch \times ch/c(1-h) \approx ch^2 \quad (\because \; h \ll 1)$

$$\therefore \quad h = \sqrt{k_h/c}$$

দ্রবণের pH : $C_{H^+} = ch = c\sqrt{k_h/c} = \sqrt{k_h \cdot c} = \sqrt{k_w \cdot c/k_b}$

$$\therefore \quad pH = \tfrac{1}{2}pk_w - \tfrac{1}{2}pk_b - \tfrac{1}{2}\log c.$$

(গ) ক্ষীণ-ক্ষার এবং ক্ষীণ-অ্যাসিডের লবণ (যেমন, $NH_4Ac$)। এইক্ষেত্রে আর্দ্র-বিশ্লেষণজাত অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েই প্রায় অবিয়োজিত থাকিবে। অতএব,



$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$$
$$c(1-h) \quad c(1-h) \qquad\qquad ch \qquad ch. \text{ (গাঢ়ত্ব)}$$

সহজেই দেখান যায়,

$$k_h = h^2/(1-h)^2, \quad \text{এবং} \quad k_h = \frac{k_w}{k_a \cdot k_b}$$

দ্রবণের pH: $$pH = \tfrac{1}{2}\,pk_w + \tfrac{1}{2}\,pk_a - \tfrac{1}{2}\,pk_b$$

**উদাহরণ ৩।** .001M দ্রবণে $NH_4Cl$-এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ-ধ্রুবক ও আর্দ্র-বিশ্লেষণ-মাত্রা গণনা কর। দ্রবণটির pH কত? (রাজস্থান, 1961)।

$$(k_b = 1.8 \times 10^{-5};\ k_w = 10^{-14})$$

$$k_h = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.5 \times 10^{-10}$$

আবার, $$k_h = ch^2 = 10^{-3}.h^2 = 5.5 \times 10^{-10}$$

অতএব, $$h = \sqrt{\frac{k_h}{c}} = \sqrt{\frac{5.5 \times 10^{-10}}{10^{-3}}} = 7.4 \times 10^{-4}$$

দ্রবণের $$pH = 7 - \tfrac{1}{2}pk_b - \tfrac{1}{2}\log c$$
$$= 7 + \tfrac{1}{2}\log(1.8 \times 10^{-5}) - \tfrac{1}{2}\log 10^{-3} = 5.26$$

**উদাহরণ ৪।** $NH_4Ac$ দ্রবণের pH কত? ($k_{HAc} = 1.8 \times 10^{-5}$ এবং $k_{NH_4OH} = 1.8 \times 10^{-5}$)

$$pH = \tfrac{1}{2}pk_w + \tfrac{1}{2}pk_a - \tfrac{1}{2}pk_b.$$
$$= \tfrac{1}{2}(14 + 4.74 - 4.74) = 7.0$$

**উদাহরণ ৫।** অ্যামোনিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের $k_h$, h ও pH গণনা কর। দেওয়া আছে: $k_{NH_4OH} = 1.8 \times 10^{-5}$ এবং $k_{HCN} = 7.2 \times 10^{-10}$.

$$k_h = \frac{k_w}{k_a k_b} = \frac{10^{-14}}{7.2 \times 10^{-10} \times 1.8 \times 10^{-5}} = 0.771$$

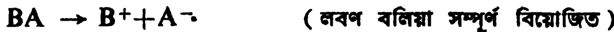
$$\frac{h}{1-h} = \sqrt{k_h} = \sqrt{.771} = 0.878$$

অথবা, $$h = .878/(1+.878) = 0.468$$
$$pH = \tfrac{1}{2}(14 + 9.14 - 4.74) = 9.20$$

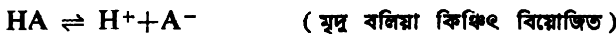
**৫-৯। প্রতিরোধক বা বাফার দ্রবণ (Buffer solution)।** সাধারণতঃ কোন দ্রবণে একটু অ্যাসিড বা ক্ষার মিশাইলে দ্রবণে $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব তথা pH-মূল্য যথেষ্ট পরিবর্তিত হইয়া যায়। অনেক সময় এমন দ্রবণের প্রয়োজন হয় যাহার pH স্থির থাকা আবশ্যক। দেখা গিয়াছে, মৃদু অ্যাসিড ও উহার কোন লবণ কিংবা মৃদু ক্ষার ও উহার

কোন লবণ যদি দ্রবণে একত্র থাকে, তবে সেই দ্রবণের pH খানিকটা অ্যাসিড বা ক্ষার মিশাইলেও পরিবর্তিত হয় না। এমন কি জল মিশাইয়া লঘুতর করিলেও pH একই থাকে। মনে হয়, ঐ জাতীয় দ্রবণের সংরক্ষিত (reserved) অম্লত্ব ও ক্ষারকত্ব আছে, যাহা বহিরাগত (added) ক্ষার বা অ্যাসিডকে সঙ্গে সঙ্গে প্রশমিত করিয়া দেয়। এ জাতীয় দ্রবণ $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন-প্রতিরোধী। ইহাদিগকে 'প্রতিরোধক দ্রবণ' বা **'বাফার দ্রবণ'** বলা হয়। $CH_3COOH$-$CH_3COONa$, $NH_4OH$-$NH_4Cl$ প্রভৃতি মিশ্রণ বাফার দ্রবণ। অতএব, **"সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড বা ক্ষারযোগে যে দ্রবণের pH-মূল্য পরিবর্তিত হয় না, তাহাকে বাফার দ্রবণ বলে।"** pH-পরিবর্তনের এই প্রতিরোধকে বলা হয় **'বাফার-ক্রিয়া'** (buffer action)।

**বাফার ক্রিয়ার কার্যপ্রণালী** (mechanism of buffer action)। ধরা যাউক, বাফার দ্রবণটি—মৃদু অ্যাসিড HA (যেমন, $CH_3COOH$) ও উহার লবণ BA (যেমন, $CH_3COONa$) সমবায়ে গঠিত। ইহাতে

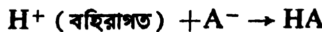


$BA \rightarrow B^+ + A^-$ (লবণ বলিয়া সম্পূর্ণ বিয়োজিত)



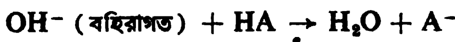
$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ (মৃদু বলিয়া কিঞ্চিৎ বিয়োজিত)

ইহাতে কিছু অ্যাসিড মিশাইলে, বহিরাগত $H^+$-আয়ন অপসারিত হইবে। কারণ, $A^-$, মৃদু অ্যাসিডের অ্যানায়ন বলিয়া আধুনিক মতে তীব্র ক্ষার, সুতরাং ইহা প্রোটন গ্রহণ করিবে। ফলে অবিয়োজিত HA তৈরী হইবে।



$$H^+ \text{ (বহিরাগত) } + A^- \rightarrow HA$$

আবার যদি কোন ক্ষার উহাতে মিশান হয়, তবে বহিরাগত $OH^-$ আয়ন অপসারিত হইবে। কারণ, HA একটি অ্যাসিড, সুতরাং ইহা $OH^-$-আয়নের সঙ্গে ক্রিয়া করিবে, কারণ আধুনিক মতে $OH^-$-আয়ন ক্ষার।



$$OH^- \text{ (বহিরাগত) } + HA \rightarrow H_2O + A^-$$

অতএব, দেখা যাইতেছে যে, $H^+$-আয়ন অথবা $OH^-$-আয়ন যাহাই যোগ করা হউক উহা লোপ পাইবে এবং কোন ক্ষেত্রেই $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্বের—তথা pH-মূল্যের পরিবর্তন ঘটিবে না।

এরকম বাফারের pH কত হইবে, তাহা হেণ্ডারসন সমীকরণ হইতে বাহির করা যায়। (অনুচ্ছেদ ৫-৭ দ্রষ্টব্য)

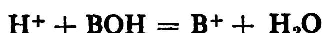
$$pH = pk_a + \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{অ্যাসিড}}}$$

কোন বাফারে প্রতিরোধ শক্তি উত্তম হইলে, উহার সংরক্ষিত (reserved) অম্লত্ব = সংরক্ষিত ক্ষারত্ব হওয়া উচিত। সেজন্য $C_{\text{লবণ}} = C_{\text{অ্যাসিড}}$ হইলে, $pH = pk_a$ হইবে।

আবার ধরা যাউক, বাফার দ্রবণটি মৃদু ক্ষার BOH (যেমন, $NH_4OH$)) ও উহার লবণ BA (যেমন, $NH_4Cl$) দ্বারা গঠিত।

সুতরাং $BA \rightarrow B^+ + A^-$ ; এবং $BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$

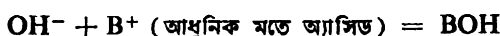
**বহিরাগত $H^+$-আয়ন অপসারণ:**



$$H^+ + BOH = B^+ + H_2O$$

অথবা, $H^+ + OH^-$ (আধুনিক মতে ক্ষার) $= H_2O$

**বহিরাগত $OH^-$-আয়ন অপসারণ:**



$OH^- + B^+$ (আধুনিক মতে অ্যাসিড) $= BOH$

যাহা হউক, কোন ক্রিয়ার দ্বারাই $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব—তথা pH-মূল্য পরিবর্তিত হয় না।

এ-জাতীয় বাফারের pH-মূল্য নিম্ন উপায়ে পাওয়া যায়:



$$BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$$

$$k_b = \frac{C_{B^+}.C_{OH^-}}{C_{BOH}} = \frac{C_{B^+}}{C_{BOH}} \cdot \frac{k_w}{C_{H^+}}$$

অর্থাৎ, $C_{H^+} = \frac{k_w}{k_b} \cdot \frac{C_{B^+}}{C_{BOH}}$

$$\therefore pH = pk_w - pk_b - \log \frac{C_{B^+}}{C_{BOH}} = pk_w - pk_b - \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{ক্ষার}}}$$

যখন, $C_{\text{লবণ}} = C_{\text{ক্ষার}}$, $pH = pk_w - pk_b$

সচরাচর বাফারের pH-এর পরিধি মোটামুটি $pk_a + 1$ এবং $pk_a - 1$ এর মধ্যবর্তী থাকিলে উহার প্রতিরোধ-ক্ষমতা বেশ ভাল থাকে। কয়েকটি বাফার মিশ্রণের pH-সীমা নীচের তালিকাতে পাওয়া যাইবে।

**সারণী: বাফার মিশ্রণ**

| উপাদান (অনুবন্ধ অ্যাসিড-ক্ষার যুগ্ম) | pH-সীমা |
|---|---|
| গ্লাইসিন ও গ্লাইসিন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড | 1.0—3.7 |
| থ্যালিক অ্যাসিড ও K-H-থ্যালেট | 2.2—3.38 |
| অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও Na-অ্যাসিটেট | 3.7—5.6 |
| ডাই সোডিয়াম সাইট্রেট ও ট্রাইসোডিয়াম সাইট্রেট | 5.0—6.3 |
| $NaH_2PO_4$ ও $Na_2HPO_4$ | 5.8—8.0 |
| বোরিক অ্যাসিড ও বোরাক্স | 6.8—9.2 |
| বোরাক্স ও কস্টিকসোডা | 9.2—11.0 |
| $Na_2HPO_4$ ও $Na_3PO_4$ | 11.0—12.0 |

**উদাহরণ।** 25°C উষ্ণতায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডের $pk_a = 4.76$. এই উষ্ণতায় 5.0 pH-এর বাফার কিরূপে তৈরী করিবে?

$$pH = pk_a + \log \frac{C_{লবণ}}{C_{অ্যাসিড}} = 4.76 + \log \frac{C_{লবণ}}{C_{অ্যাসিড}}$$

$$\therefore \log \frac{C_{লবণ}}{C_{অ্যাসিড}} = pH - 4.76 = 5.00 - 4.76 = 0.24$$

অতএব, $\frac{C_{লবণ}}{C_{অ্যাসিড}}$ = (0.24) এর অ্যান্টিলগ = 1.738

সুতরাং সোডিয়াম অ্যাসিটেটের 1.738 গ্রাম-অণুর সঙ্গে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের এক গ্রাম-অণু মিশাইয়া জল দিয়া দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করিলেই অভীষ্ট বাফার পাওয়া যাইবে।

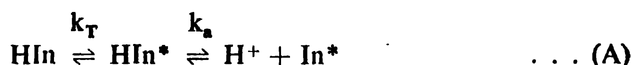
## অ্যাসিড-ক্ষার সূচক (Acid-base indicators)

৫-১০। সূচক। যে সকল পদার্থ সাধারণতঃ রঙ বদলাইয়া অথবা অন্য কোন ভাবে বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে তাহাদিগকে সূচক (Indicator) বলে। সূচক নানা প্রকারের হইতে পারে, যেমন—অ্যাসিড-ক্ষার সূচক, জারণ-বিজারণ সূচক (oxidation-reduction indicator), অধিশোষণ সূচক (adsorption indicator), তেজস্ক্রিয় সূচক (radioactive indicator) প্রভৃতি। অম্লমিতি বা ক্ষারমিতিতে (acidimetry or alkalimetry) যে সূচক ব্যবহৃত হয় তাহাকে বলা হয় 'অ্যাসিড-ক্ষার সূচক'। জারণ-বিজারণ সূচক সাধারণতঃ কোন দ্রবণের জারণ-মাত্রা বুঝাইতে ব্যবহৃত হয়। যেমন, ফেরাস আয়নের জারণ-সমাপ্তি বুঝাইতে ডাই-ফিনাইল-অ্যামিনের ব্যবহার। টাইট্রেশনে ফেরাস লবণকে $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণদ্বারা জারিত করিতে থাকিলে উক্ত সূচক বেগুনী রঙ দেখাইয়া জারণ-সমাপ্তি নির্দেশ করিয়া দেয়। ইউসিন (eosin) নামীয় রঞ্জন পদার্থটি একটি ভাল অধিশোষণ সূচক। এই রঞ্জন পদার্থের উপস্থিতিতে কোন ক্লোরাইড দ্রবণকে $AgNO_3$-দ্রবণদ্বারা টাইট্রেশন করিলে AgCl-এর সাদা অধঃক্ষেপ উক্ত রঞ্জন পদার্থটি অধিশোষণ করিয়া হঠাৎ লাল হইয়া যায় এবং এইভাবে সমাপ্তি নির্দেশ করে। অনেক বিক্রিয়ায় তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করিয়া বিক্রিয়ার প্রকৃতি নির্ণয় সম্ভব। এইরূপে ব্যবহৃত তেজস্ক্রিয় আইসোটোপকে তেজস্ক্রিয় সূচক বলা হইয়া থাকে। যাহা হউক, এখানে আমরা কেবল অ্যাসিড-ক্ষার সূচকের মধ্যে আমাদের আলোচনা সীমাবদ্ধ রাখিব। এই অ্যাসিড-ক্ষার সূচককে কখনও বা প্রশমন-সূচক (neutralisation indicator) বলা হইয়া থাকে।

যে-সকল পদার্থ তাহাদের রঙ পরিবর্তনদ্বারা অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে তাহাদিগকে অ্যাসিড-ক্ষার সূচক বলে, যেমন—ফিনলথ্যালিন (phenolphthalein), মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড প্রভৃতি।

সূচকের তত্ত্ব (Theory of indicators)। প্রশমন-সূচক পদার্থগুলি অত্যন্ত মৃদু জৈব-অ্যাসিড নতুবা জৈব-ক্ষার হইয়া থাকে। উহাদের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে। উহারা একাধিক চলাবয়ব বা টটোমারিক (tautomeric) অবস্থায় থাকে। উহাদের বিভিন্ন

টটোমারের রঙ বিভিন্ন। সচরাচর একটি টটোমারের অণুর সংরচনা বেনজিনয়েড জাতীয়, অপরটি কুইনোনয়েড জাতীয়। সচরাচর বেনজিনয়েড আকৃতির টটোমারের বিয়োজন হয় না —হইলেও নগণ্য। কিন্তু অপরটি তড়িৎবিশ্লেষ্য এবং উহার বিয়োজন হয়। দুই রকম আকৃতির টটোমারের মধ্যে সর্বদাই এক সাম্যাবস্থা থাকে। যে টটোমার বিয়োজিত হয় তাহার আয়নের রঙ এবং উহারই অবিয়োজিত অণুর রঙ একরকম। মনে কর, HIn এবং HIn* সূচকটির দুইটি টটোমার, এবং HIn* বিয়োজিত হয়, তাহা হইলে,



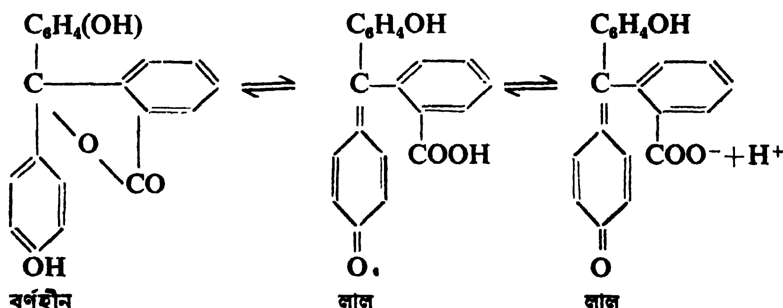
$$HIn \overset{k_T}{\rightleftharpoons} HIn^* \overset{k_a}{\rightleftharpoons} H^+ + In^* \quad \ldots (A)$$

$$\therefore \text{ সূচকের সাম্যধ্রুবক, } k_{In} = \frac{C_{H^+} \times C_{In^*}}{C_{HIn}} \quad \ldots (B)$$

$$\therefore pH = pk_{In} + \log \frac{C_{In^*}}{C_{HIn}} \quad \ldots (C)$$

এই $pk_{In}$-কে সূচক-প্রকাশক (indicator exponent) বলে।

উদাহরণ হিসাবে ফিনলথ্যালিন উল্লেখ করা যাইতে পারে,




দ্রবণটি যতক্ষণ অ্যাসিডীয় থাকিবে, ততক্ষণ HIn* এর আয়নন হইবে না, সুতরাং ততক্ষণ অবিয়োজিত HIn অবস্থায় সূচক থাকিবে। এই সময়ে দ্রবণের যে রঙ হইবে তাহাকে সূচকের অ্যাসিড-রঙ বলা যাইতে পারে। দ্রবণে যতই ক্ষার মিশান হইবে, দ্রবণে $H^+$-আয়নের মাত্রা কমিতে থাকিবে, সুতরাং সূচক আয়নিত হইতে শুরু করিবে এবং দ্রবণটিতে একটা মিশ্র রঙ দেখাইবে। ক্ষারের পরিমাণ তুল্যাধিক হইলে, সূচকটি সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া যাইবে এবং তখন HIn* এবং উহার আয়নের রঙ পাওয়া যাইবে। ইহা সূচকের ক্ষারীয় রঙ। প্রশমন-বিন্দুতে দ্রবণের রঙ অ্যাসিডীয় এবং ক্ষারীয় রঙের মধ্যবর্তী হইবে। উহাই সূচকের প্রশমন-রঙ (neutral colour)।

যখন ক্ষারীয় রঙ এবং অ্যাসিডীয় রঙ সমান হইবে, সমীকরণ (C) হইতে

$$pk_{In} = pH$$

সাধারণতঃ $C_{In^*}$ এবং $C_{HIn}$ এর একটি অপরটি অপেক্ষা দশগুণ পর্যন্ত থাকিলে pH

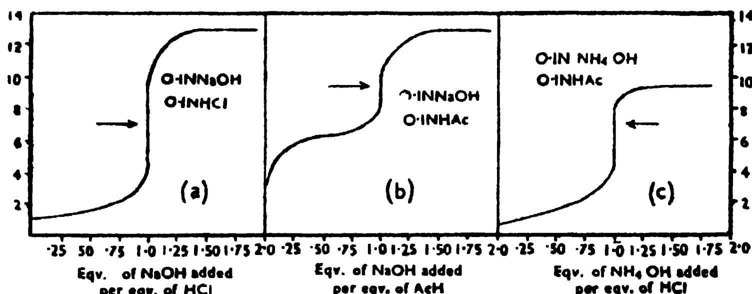
জনিত রঙ পরিবর্তন ধরা যায়। সেজন্য ব্যবহারিক ক্ষেত্রে $pH = pk_{In} + 1$, এই সীমার মধ্যে রঙ পরিবর্তন ধরা সম্ভব।

**সূচকের সুগ্রাহিতা বা সংবেদনশীলতা** (sensitiveness of indicators)। দেখা গিয়াছে বিভিন্ন সূচক বিভিন্ন pH-এ প্রশমন নির্দেশ করে। প্রত্যেকটি সূচক উহার একটি নির্দিষ্ট pH-এ প্রশমন-রঙ (neutralisation point) দেখায়। যে pH-সীমার মধ্যে রঙ পরিবর্তন দেখায় তাহাই সূচকের সংবেদনশীলতা। নিম্নে কতকগুলি সূচকের প্রশমন-pH এবং pH-সীমা দেওয়া হইল।

**সারণী : সূচকের pH-সীমা, রঙ-পরিবর্তন ও প্রশমন-pH**

| সূচক | রঙ-পরিবর্তনের pH-সীমা | অ্যাসিডীয় রঙ- | | ক্ষারীয় রঙ- | প্রশমন-pH ($pk_{In}$). |
|---|---|---|---|---|---|
| মিথাইল অরেঞ্জ | 3.1—4.4 | লাল | — | নারাঙ্গ হলুদ | 3.7 |
| মিথাইল রেড | 4.2—6.3 | লাল | — | হলুদ | 5.1 |
| ব্রোমোথাইমল ব্লু | 6.0—7.6 | হলুদ | — | বেগুনী | 7.2 |
| লিটমাস্ | 5.0—8.0 | লাল | — | বেগুনী | 7.0 |
| ফেনল রেড | 6.8—8.4 | হলুদ | — | লাল | 7.9 |
| ফিনলথ্যালিন | 8.3—10.0 | বর্ণহীন | — | গোলাপী | 9.4 |
| থাইমলথ্যালিন | 9.2—10.6 | বর্ণহীন | — | বেগুনী | 9.4 |

**টাইট্রেশনে সূচকের উপযোগিতা** (Suitability of indicators in titration)। টাইট্রেশন-বক্র (titration curves) হইতে সূচকের উপযোগিতা সম্যক উপলব্ধি করা যাইতে পারে।




চিত্র ৫-ক। বিভিন্ন অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমনে pH-এর পরিবর্তন

যে পরিমাণ ক্ষার মিশান হইল pH-এর বিপরীতে তাহা আলেখিত করিলে যে-সকল বক্র পাওয়া যায় তাহাতে দেখা যায় তুল্য-বিন্দুর (equivalent point) কাছাকাছি আসিলে pH-এর আকস্মিক অনেকটা পরিবর্তন হয়। ইহাকে pH-উল্লম্ফন বলা হয়। সুতরাং কোন সূচকের প্রশমন-রঙ্ যদি pH-সীমার মধ্যে পড়ে তবেই উহা কার্যকরী হয়।

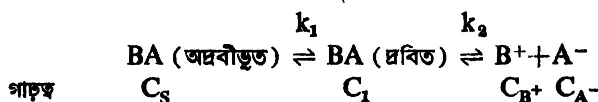
চিত্র ৫-ক হইতে বোঝা যায়, তীব্র অ্যাসিডকে (HCl) তীব্র ক্ষার (NaOH)

দ্বারা টাইট্রেশন করিলে এই pH-উল্লম্ফন অনেকটা pH [প্রায় (4—10)] ব্যাপিয়া ঘটে এবং পরিচিত অধিকাংশ সূচকেরই রঙ-পরিবর্তনের pHও ঐ সীমার মধ্যেই। সুতরাং এইরূপ টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে যে কোন সূচক ব্যবহার করা চলে। মৃদু-অ্যাসিডকে (যেমন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড) তীব্র-ক্ষার (যেমন, NaOH) দ্বারা টাইট্রেশন করিলে এই pH-উল্লম্ফন অপেক্ষাকৃত কম (6.5—9)। অতএব, এইরূপ ক্ষেত্রে এমন সূচক ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহার প্রশমন-রঙ্- ক্ষারীয় এলাকায় ঘটিয়া থাকে। ফিনলথ্যালিন এই জাতীয় সূচক ($pk_{In} = 9.4$)। অনুরূপভাবে, তীব্র অ্যাসিডকে (HCl) মৃদু ক্ষার ($NH_4OH$) দিয়া টাইট্রেশন করিলে এমন সূচক ব্যবহার্য যাহার $pk_{In}$—তথা প্রশমন-pH অ্যাসিডীয় এলাকায় অবস্থিত। মিথাইল অরেঞ্জ এই জাতীয় একটি সূচক। আবার, অ্যাসিড ও ক্ষার—উভয়ই যদি মৃদু (যেমন HAc এবং $NH_4OH$) হয়, তবে কোন সূচকই উপযোগী হইবে না, কারণ সেইরূপ ক্ষেত্রে টাইট্রেশনের সময় pH-এর পরিবর্তন ধীরে ধীরে ঘটিতে থাকিবে।

**সারণী : বিভিন্ন টাইট্রেশনে উপযোগী সূচক**

| টাইট্রেশন | সূচক | রঙ-পরিবর্তনের pH |
|---|---|---|
| তীব্র অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার | যে কোন সূচক | 4—10 |
| তীব্র অ্যাসিড—মৃদু ক্ষার | মিথাইল অরেঞ্জ | 4 |
| মৃদু অ্যাসিড—তীব্র ক্ষার | ফিনলথ্যালিন | 9 |
| মৃদু অ্যাসিড—মৃদু ক্ষার | কোনটিই উপযোগী নয় | — |

৫-১১। **দ্রাব্যতা-গুণফল (solubility product)**। যে সকল লবণের দ্রাব্যতা খুব কম (যেমন, AgCl, $BaSO_4$. . .) তাহাদের সম্পৃক্ত দ্রবণের কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। স্বল্প দ্রবণীয় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে, দ্রাবটি প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। উদ্ভূত আয়নগুলি কঠিন দ্রাবকের সঙ্গে সাম্যাবস্থায় থাকিবে। সহজেই নিম্নোক্ত সাম্য কল্পনা করা সম্ভব।



$$BA\ (\text{অদ্রবীভূত}) \overset{k_1}{\rightleftharpoons} BA\ (\text{দ্রবিত}) \overset{k_2}{\rightleftharpoons} B^+ + A^-$$

গাঢ়ত্ব $C_S$ $C_1$ $C_{B^+}\ C_{A^-}$

দুইটি সাম্যধ্রুবক $k_1$ এবং $k_2$ হইবে,

$$k_1 = C_1/C_S \quad \text{অথবা} \quad C_1 = k_1 C_S$$

আর $k_2 = C_{B^+} \times C_{A^-}/C_1 = C_{B^+} \times C_{A^-}/k_1C_S$.

অথবা $C_{B^+} \times C_{A^-} = k_1k_2C_S = k_S$ (ধ্রুবক), যেহেতু কঠিন বস্তুর গাঢ়ত্ব $C_S = 1$

$k_S$-ধ্রুবকটিকে ঐ লবণের 'দ্রাব্যতা-গুণফল' বলে, সম্পৃক্ত দ্রবণে আয়নদ্বয়ের গাঢ়ত্বের গুণফল।

লবণটি যদি এক-একযোজী হয়, যেমন AgCl, এবং উহার দ্রাব্যতা যদি S গ্রাম-অণু / লিটার হয়, তবে $C_{Ag^+} = S$, $C_{Cl^-} = S$

$$\therefore\ k_S = C_{Ag^+} \times C_{Cl^-} = S^2$$

যেহেতু দ্রাব্যতা উষ্ণতার উপর নির্ভর করে, দ্রাব্যতা-গুণফলও ($k_S$) তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

সাধারণভাবে যদি স্বল্পদ্রবণীয় যে কোন একটি লবণ $B_xA_y$ লওয়া হয়। তবে সম্পৃক্ত দ্রবণে, $B_xA_y$ (কঠিন) $\rightleftharpoons B_xA_y$ (দ্রবিত) $\rightleftharpoons xB^+ + yA^-$

আনব এককে 'S' যদি দ্রাব্যতা হয়, তাহা হইলে, $C_{B^+} = xS$, $C_{A^-} = yS$

$$\therefore\ k_S = C^x_{B^+} \times C^y_{A^-} = (xS)^x \times (yS)^y = x^x . y^y\, S^{x+y}$$

এই সমীকরণটি সর্বক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

$Ca_3(PO_4)_2$ লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাব্যতা যদি 'C' মোলার হয়। তবে দ্রাব্যতা-গুণফল,

$$k_S = C^3_{Ca^{++}} \times C^2_{PO_4^{---}} = (3C)^3 \times (2C)^2 = 108\ C^5$$

অতএব দ্রাব্যতা-গুণফলের সংজ্ঞা হইবে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় স্বল্প-দ্রবণীয় পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবণে এক গ্রাম-অণু দ্রাব হইতে যে সকল আয়ন পাওয়া যায়, যথোপযুক্ত ঘাত সমন্বিত উহাদের প্রত্যেকটির গাঢ়ত্বের গুণফল সর্বদা ধ্রুবক এবং সেই ধ্রুবক-কে উক্ত স্বল্প-দ্রবণীয় লবণটির দ্রাব্যতা-গুণফল বলে। সংক্ষেপে বলা যায়, ইহা স্বল্প-দ্রবণীয় লবণের সর্বোচ্চ আয়নীয় গাঢ়ত্বের গুণফল।

নীচে কয়েকটি পদার্থের দ্রাব্যতা-গুণফলের তালিকা দেওয়া হইল।

সারণী : 25°C উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা-গুণফল

| পদার্থ | $k_s$ | পদার্থ | $k_s$ |
|---|---|---|---|
| AgCl | $1.5 \times 10^{-10}$ | $Fe(OH)_3$ | $1 \times 10^{-38}$ |
| AgBr | $7.7 \times 10^{-13}$ | $Al(OH)_3$ | $1 \times 10^{-33}$ |
| AgI | $0.9 \times 10^{-16}$ | $Cr(OH)_3$ | $1 \times 10^{-30}$ |
| $Ag_2CrO_4$ | $2.5 \times 10^{-12}$ | $Zn(OH)_2$ | $1 \times 10^{-17}$ |
| $BaSO_4$ | $9.2 \times 10^{-11}$ | $Co(OH)_2$ | $2 \times 10^{-16}$ |
| $CaSO_4$ | $2.3 \times 10^{-4}$ | $Ni(OH)_2$ | $1 \times 10^{-14}$ |
| $SrSO_4$ | $2.8 \times 10^{-7}$ | • $Mg(OH)_2$ | $6 \times 10^{-12}$ |
| $PbCl_2$ | $2.4 \times 10^{-4}$ | HgS | $3 \times 10^{-54}$ |
| $PbBr_2$ | $7.9 \times 10^{-5}$ | CuS | $3 \times 10^{-42}$ |
| $PbI_2$ | $8.7 \times 10^{-9}$ | CdS | $4 \times 10^{-29}$ |
| $CaCO_3$ | $4.8 \times 10^{-9}$ | PbS | $4 \times 10^{-28}$ |
| CaOx | $2.6 \times 10^{-9}$ | CoS | $2 \times 10^{-27}$ |
| $CaF_2$ | $3.2 \times 10^{-11}$ | ZnS | $1 \times 10^{-23}$ |
| CuCl | $1 \times 10^{-6}$ | NiS | $1.4 \times 10^{-24}$ |
| CuBr | $1.6 \times 10^{-11}$ | MnS | $2 \times 10^{-15}$ |
| CuI | $5 \times 10^{-12}$ | | |

**দ্রাব্যতার উপরে সম-আয়নের প্রভাব।** স্বল্প দ্রবণীয় লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে,

$$k_S = C_{B^+} \times C_{A^-}$$

এখন দ্রবণে অন্য কোন পদার্থ যোগ করাতে যদি সম-আয়নের উপস্থিতি ঘটে, তখন একটি আয়নের গাঢ়ত্ব বাড়িবে। ফলে, অপর আয়নটির গাঢ়ত্ব হ্রাস পাইবেই, নতুবা $k_S$ ধ্রুবকটির মূল্য নির্দিষ্ট থাকে না। সুতরাং কিছু $B^+$ এবং $A^-$ যুক্ত হইয়া কঠিন BA উৎপন্ন করিবে। অর্থাৎ BA-এর দ্রাব্যতা কমিয়া যাইবে।

**উদাহরণ ১।** 25°C-উষ্ণতায় $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা হইল 0.00233 গ্রাম প্রতি লিটার। পূর্ণ বিয়োজন স্বীকার করিয়া লবণটির দ্রাব্যতা গুণফল গণনা কর।

13.2 গ্রাম প্রতি লিটারে আছে—এমন $(NH_4)_2SO_4$-দ্রবণের মধ্যে 25°C-উষ্ণতায় $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা কত হইবে? $(NH_4)_2SO_4$-এর বিয়োজন সম্পূর্ণ ধর্তব্য। (Ba = 137)। ( কলিঃ বিঃ, 1938)

$$C_{Ba^{++}} = C_{SO_4^{--}} = \frac{.00233}{137+96} = 10^{-5} \text{ গ্রাম-আয়ন/লিটার}$$

$$\text{সুতরাং}\quad k_s = C_{Ba^{++}} \times C_{SO_4^{--}} = (10^{-5})^2 = 10^{-10}$$

$$(NH_4)_2SO_4\text{-এর গাঢ়ত্ব} = \frac{13.2}{132} = 0.1M$$

∴ $SO_4^{--}$ আয়নের গাঢ়ত্ব = 0.1 গ্রাম-আয়ন প্রতি লিটার। ধরা যাউক, $(NH_4)_2SO_4$ দ্রবণে $BaSO_4$-এর পরিবর্তিত দ্রাব্যতা = S′, সুতরাং উক্ত দ্রবণে $BaSO_4$ এর দ্রাব্যতা-গুণফল হইবে,

$$k_s = S'(S' + 0.1) = 10^{-10}$$

বলা বাহুল্য S′, 0.1-এর তুলনায় নগণ্য এবং ধর্তব্য নয়।

$$\text{সুতরাং}\quad S' \times 0.1 = 10^{-10}$$

$$\therefore\ S' = 10^{-10}/10^{-1} = 10^{-9} \text{ গ্রাম-অণু প্রতি লিটার}$$

$$= 2.33 \times 10^{-7} \text{ গ্রাম প্রতি লিটার।}$$

**উদাহরণ ২।** এক লিটার দ্রবণে 0.01 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া এবং 0.001 গ্রাম-আয়ন $Mg^{++}$ আছে। এই দ্রবণ হইতে $Mg(OH)_2$-এর অধঃক্ষেপণ নিবারিত করিবার জন্য $NH_4^+$ আয়নের ($NH_4Cl$ হইতে প্রাপ্ত) গাঢ়ত্ব কিরূপ হওয়া প্রয়োজন তাহা গণনা কর। অ্যামোনিয়ার আয়নীয় ধ্রুবক = $1.8 \times 10^{-5}$ এবং $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $1.12 \times 10^{-11}$.

$Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হইবে না এমন $NH_4^+$ আয়নের সর্বনিম্ন গাঢ়ত্ব পাওয়া যাইবে নিম্নরূপে,

$$C_{Mg^{++}} \times C^2_{OH^-} = 1.12 \times 10^{-11};$$

$$C_{OH^-} = (1.12 \times 10^{-11}/0.001)^{\frac{1}{2}} = 1.1 \times 10^{-4}$$

সুতরাং $OH^-$-আয়নের গাঢ়ত্ব $1.1 \times 10^{-4}$ গ্রাম আয়ন / লিটার অপেক্ষা বেশী না হইলে $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হইবে না।

অ্যামোনিয়ার আয়ননকে সেইরূপ মন্দীভূত করিতে $NH_4^+$ আয়নের গাঢ়ত্ব প্রয়োজন হইবে

$$\frac{C_{NH_4^+} \times C_{OH^-}}{C_{NH_3}} = 1.8 \times 10^{-5};\ \text{অথবা}\ \frac{C_{NH_4^+} \times (1.1 \times 10^{-4})}{0.01} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\therefore\ C_{NH_4^+} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ গ্রাম-আয়ন/লিটার।}$$

( .01M অ্যামোনিয়া দ্রবণে $NH_3$-এর গাঢ়ত্ব .01ই ধর্তব্য, কারণ উহার আয়নন প্রায় নগণ্য )।

**৫-১২। দ্রাব্যতা-গুণফলের প্রয়োগ। রাসায়নিক বিশ্লেষণ**—পূর্ব অনুচ্ছেদে বলা হইয়াছে যে, আয়নীয় গুণফল যখনই দ্রাব্যতা-গুণফলকে ছাড়াইয়া যায় তখনই

অধঃক্ষেপণ হয়। অবশ্য দ্রাব্যতা-গুণফলকে অতিক্রম করা মাত্রই অধঃক্ষেপণ হয়—এমন নাও হইতে পারে, কারণ অধঃক্ষেপণীয় পদার্থটি অতি সম্পৃক্ত দ্রবণরূপে কিছুক্ষণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিতে পারে। সেই জন্য অধঃক্ষেপণ কার্যে আয়নীয় গুণফল দ্রাব্যতা-গুণফল অপেক্ষা বেশী হওয়া আবশ্যক। রাসায়নিক বিশ্লেষণ এই নীতির দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়, যেমন—

(ক) গ্রুপ I অধঃক্ষেপণ—এই গ্রুপে Ag, Pb ও Hg (ous) আছে। উহাদের ক্লোরাইডগুলি মোটামুটি অদ্রবণীয়। HCl দিলে $(C_{M^+} \times C_{Cl^-})$ ঐসকল ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা-গুণফল ছাড়াইয়া যায়, সুতরাং উহারা অধঃক্ষিপ্ত হয়। সারণী হইতে দেখা যায়, $PbCl_2$-এর দ্রাব্যতা-গুণফল এই তিনটির মধ্যে সর্বাধিক। এই কারণে ইহা সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় না। এইজন্য ইহাকে গ্রুপ II-তেও পুনরায় অধঃক্ষেপণের প্রয়োজন হয়।

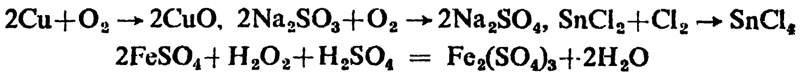
✓(খ) গ্রুপ II অধঃক্ষেপণ—এই গ্রুপের অধঃক্ষেপক-বিকারক হইল $H_2S$ গ্যাস। এই গ্যাস দ্রবণে কিঞ্চিৎ দ্রবীভূত হইয়া আয়নিত হয় $(H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{--})$ এবং ধাতুগুলিকে সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে। কাজেই $S^{--}$ আয়নের গাঢ়ত্ব যত বেশী হইবে তত সহজে আয়নীয় গুণফল $(C_{M^{++}} \times C_{S^{--}})$, ধাতব সালফাইডগুলির দ্রাব্যতা-গুণফলকে ছাড়াইয়া যাইবে। কিন্তু ইহাতে অসুবিধা হয় যে, গ্রুপ III(B)-এর ধাতুগুলিও (Mn, Zn, Ni, Co) যুগপৎ সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে, যদিও উহাদের দ্রাব্যতা-গুণফল অপেক্ষাকৃত বেশী। এই জন্য দ্রবণে লঘু-HCl ব্যবহার করা হয়। উক্ত HCl-এর সম আয়ন, $H^+$, $H_2S$-এর আয়নন অনেক কমাইয়া দেয়, ফলে $S^{--}$ আয়নের গাঢ়ত্ব যথেষ্ট হ্রাস পায়। তথাপি গ্রুপ II-এর ধাতুগুলি ধাতব সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে, কারণ উহাদের দ্রাব্যতা-গুণফল অত্যন্তই কম। অবশ্য উহাদের মধ্যে CdS ও PbS-এর দ্রাব্যতা-গুণফল অপেক্ষাকৃত বেশী এবং সেই জন্য $S^{--}$ আয়নের গাঢ়ত্ব খুব কমিয়া গেলে উহারা অধঃক্ষিপ্ত হয় না। অতএব HCl-এর গাঢ়ত্ব যথেষ্ট কম হওয়া আবশ্যক—যাহাতে সাধারণ আয়ন-প্রভাবের দরুণ $H_2S$-এর বিয়োজন খুব বেশী কমিয়া না যায়। আবার বেশী লঘু HCl ব্যবহার করিলে আরসেনিক ও টিনের অধঃক্ষেপ কোলয়েডীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং পরিস্রাবণে বিশেষ অসুবিধার সৃষ্টি করে। এই জন্য প্রথমে মোটামুটি গাঢ় HCl ব্যবহার করতঃ আরসেনিক ও টিনকে সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া পরে দ্রবণটি জলদ্বারা লঘু করা হয় এবং সেই লঘু দ্রবণে $H_2S$-পরিচালনা করা হয়। তখন সহজে CdS ও PbS অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে।

✓(গ) গ্রুপ III অধঃক্ষেপণ—এই গ্রুপের অধঃক্ষেপক-বিকারক হইল $NH_4OH$—যাহা অতি সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয় $(NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-)$ এবং ধাতুগুলি হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কঠিন $NH_4Cl$ যোগে $NH_4OH$-এর বিয়োজন আরও কমাইয়া দেওয়া হয়। ফলে $OH^-$-আয়নের গাঢ়ত্ব এত হ্রাস পায় যে, কেবল Fe, Al, Cr প্রভৃতিদের হাইড্রক্সাইডগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়, কারণ উহাদের দ্রাব্যতা-গুণফল যথেষ্ট কম। কিন্তু Zn, Mg ও Mn প্রভৃতিদের হাইড্রক্সাইডগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয় না—কারণ উহাদের দ্রাব্যতা-গুণফল অপেক্ষাকৃত বেশী।

পরিচ্ছেদ ৬

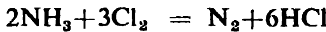
# জারণ এবং বিজারণ

**৬-১। জারণ।** কোন পদার্থে অক্সিজেন যুক্ত হইলে অথবা অক্সিজেনের অনুপাত বাড়িলে জারণ ঘটে। অক্সিজেন অপরাবিদ্যুৎবাহী, সেই জন্য স্থুলবিচারে যে সকল বিক্রিয়াতে কোন পদার্থে কোন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল ($H_2$ ব্যতিরেকে) যুক্ত হয় বা উহার অনুপাত বৃদ্ধি পায় সেই সব বিক্রিয়াই জারণ। যথা,—

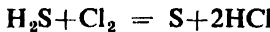


$$2Cu+O_2 \rightarrow 2CuO,\ 2Na_2SO_3+O_2 \rightarrow 2Na_2SO_4,\ SnCl_2+Cl_2 \rightarrow SnCl_4$$
$$2FeSO_4+H_2O_2+H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$$

ইহা ছাড়া, কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন তথা কোন পরাবিদ্যুৎবাহী মৌল বিদূরিত হইলে বা উহাদের পরিমাণ হ্রাস পাইলেও, বিক্রিয়াটি জারণ বলিয়া গণ্য হইবে।



$$2NH_3+3Cl_2 = N_2+6HCl$$



$$H_2S+Cl_2 = S+2HCl$$



$$2KI+2H_2SO_4 = K_2SO_4+I_2+SO_2+2H_2O$$

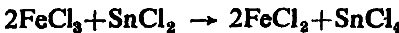
**বিজারণ।** বিজারণ জারণ-ক্রিয়ার ঠিক বিপরীত। কোন পদার্থে হাইড্রোজেন বা কোন পরাবিদ্যুৎবাহী মৌল যুক্ত হইলে বা উহার অনুপাত বৃদ্ধি পাইলে, পদার্থটির বিজারণ ঘটে। সেইরূপ, কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেনের বা কোন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌলের অপসারণ বা অনুপাত-হ্রাস সেই পদার্থের বিজারণ বলিয়া গণ্য হইবে। যথা,



$$Br_2+H_2S \rightarrow 2HBr+S, \quad Cl_2+H_2 \rightarrow 2HCl$$

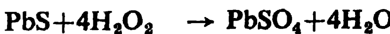


$$HgCl_2+Hg \rightarrow Hg_2Cl_2, \quad CuO+H_2 \rightarrow Cu+H_2O$$

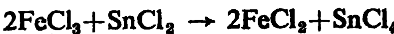


$$2FeCl_3+SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2+SnCl_4$$

**জারক এবং বিজারক।** যে পদার্থের সাহায্যে কোন বস্তুর জারণ-কার্য সম্পাদিত হয় তাহাকে 'জারক দ্রব্য' বলে। আর যে পদার্থের সাহায্যে বিজারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায় তাহাকে 'বিজারক দ্রব্য' বলে। যেমন, লেড সালফাইড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা জারিত হয়, $H_2O_2$ জারক। ফেরিক ক্লোরাইড স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত হয়, $SnCl_2$ বিজারক।



$$PbS+4H_2O_2 \rightarrow PbSO_4+4H_2O$$



$$2FeCl_3+SnCl_2 \rightarrow 2FeCl_2+SnCl_4$$

একটু লক্ষ্য করলেই দেখা যাইবে, জারক ($H_2O_2$) বিজারিত হইয়া $H_2O$ হইয়াছে। আবার, বিজারক ($SnCl_2$) জারিত হইয়া $SnCl_4$ হইয়াছে। অর্থাৎ, জারণের সঙ্গে বিজারণও ঘটে। এই কারণে বলা হয়,

"জারণ এবং বিজারণ-ক্রিয়া যুগপৎ সম্পন্ন হয়।"

**আয়নীয় সংজ্ঞা।** পরবর্তীকালে যখন ইলেকট্রনীয় মতবাদ হইতে জানা গেল, ধাতুর এবং হাইড্রোজেনের পরমাণুগুলি ইলেকট্রন ত্যাগ করিয়া পরাবিদ্যুৎবাহী আয়নে পরিণত হয়, এবং অন্যান্য পরমাণুগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরাবিদ্যুৎবাহী আয়নে পরিণত

হয়, তখন জারণ এবং বিজারণকে এক নূতন দৃষ্টিকোণ হইতে বিচার করা গেল। ফেরাস লবণকে জারিত করিলে উহা ফেরিক লবণে পরিণত হয়। অর্থাৎ, এই জারণে ফেরাস আয়ন ($Fe^{++}$) ফেরিক আয়নে পরিণতি লাভ করে। ইহাতে ফেরাস আয়ন একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে।

সাধারণভাবে বলা যায়, কোন পরমাণু বা আয়ন হইতে ইলেকট্রন অপসারিত হইলে উহার জারণ হয়। পক্ষান্তরে যদি পরমাণু বা কোন আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তবে উহার বিজারণ ঘটে।

| জারণ | বিজারণ |
|---|---|
| $Fe^{++} - e \rightarrow Fe^{+++}$ | $Fe^{+++} + e \rightarrow Fe^{++}$ |
| $Sn^{++} - 2e \rightarrow Sn^{++++}$ | $Cu^{++} + e \rightarrow Cu^{+}$ |
| $Zn - 2e \rightarrow Zn^{++}$ | $I_2 + 2e \rightarrow 2I^{-}$ |
| $2I^{-} - 2e \rightarrow I_2$ | $Ag^{+} + e \rightarrow Ag$ |

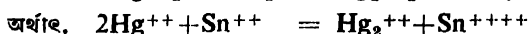
স্পষ্টই দেখা যাইতেছে, জারণে ক্যাটায়নগুলির যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় আর অ্যানায়নগুলির যোজ্যতা হ্রাস পায়। বিজারণে ইহার বিপরীত ঘটে। সাধারণ অবস্থায় পরমাণু তড়িৎ-উদাসী, সুতরাং তাহার যোজ্যতা শূন্য মনে করা হয়। সুতরাং ধাতু যখন আয়নে পরিণত হয় তখন উহা জারিত হয় এবং অধাতু যখন উহার আয়নে পরিণত হয় তখন উহার বিজারণ ঘটে। এইজন্য জিঙ্ক ধাতু যখন $H_2SO_4$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া $Zn^{++}$-এ রূপান্তরিত হয় তখন উহার জারণ হইয়াছে বলিয়া গণ্য করিতে হইবে। আবার, $AgNO_3$ দ্রবণ হইতে যখন ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়, তখন বস্তুতঃ $Ag^{+}$ আয়নের বিজারণ ঘটে। কিন্তু KI দ্রবণ হইতে যখন অধাতব আয়োডিন বাহির হইয়া আসে তখন জারণ হইয়াছে বলিতে হইবে।

এ কথাও বলা যায়, বিজারক দ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং নিজে জারিত হয়। জারক-দ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিজে বিজারিত হয়। একটি উদাহরণ হইতেই ইহা উপলব্ধি হইবে।

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড দিলে, মারকিউরিক ক্লোরাইড বিজারিত হয় এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইড জারিত হয়।



$$2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$

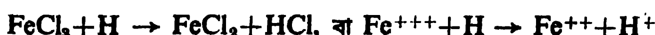


অর্থাৎ, $$2Hg^{++} + Sn^{++} = Hg_2^{++} + Sn^{++++}$$

এখানে (ক) স্ট্যানাস আয়ন ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিতেছে, উহার ধনাত্মক আধান বাড়িতেছে। অপরদিকে সেই ইলেকট্রন মারকিউরিক আয়ন গ্রহণ করিতেছে, উহার ধনাত্মক আধান কমিতেছে।

(খ) ফলে, বিজারক $Sn^{++}$ আয়নের যোজ্যতা বাড়িতেছে, জারক $Hg^{++}$ আয়নের যোজ্যতা কমিতেছে।

সমস্ত জারণ-বিজারণ ক্রিয়াতেই এইরূপ ঘটে। যেমন,



$$FeCl_3 + H \rightarrow FeCl_2 + HCl, \text{ বা } Fe^{+++} + H \rightarrow Fe^{++} + H^{+}$$

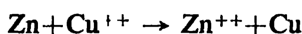


$$Br_2 + H_2S \rightarrow 2HBr + S, \quad \text{বা } Br_2 + S^{--} \rightarrow 2Br^{-} + S, \text{ ইত্যাদি।}$$

মোটকথা, এইরূপ ক্রিয়াতে বিজারক ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং জারক সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে। বস্তুতঃ একটি সম্পূর্ণ জারণ-বিজারণ ক্রিয়া দুইটি ধাপে নিষ্পন্ন হইতেছে মনে করা যাইতে পারে। একটিতে বিজারক ইলেকট্রন পরিত্যাগ করে এবং অপরটিতে জারক সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে ;

(*i*) বিজারক $-$ ne $\rightarrow$ জারক ; (*ii*) জারক $+$ ne $\rightarrow$ বিজারক

ইলেকট্রন দেওয়া এবং নেওয়া দ্বারাই বিক্রিয়া ঘটে। এই দুইটি কার্যকে পৃথকভাবে বিচার করিলে, প্রতিটি ধাপকে আয়ন-ইলেকট্রন অর্ধ-বিক্রিয়া (ion-electron half reaction) বলা যায়। ডেনিয়েল সেলে যে বিক্রিয়া ঘটে, উহা নিম্নরূপ,



$$Zn + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu$$

প্রকৃতপক্ষে, অ্যানোডে, $Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e$ (জারণ)

আর ক্যাথোডে, $Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$ (বিজারণ)

এই দুইটির সমন্বয়ে বিক্রিয়াটি ঘটে। দেখা যায়, সর্বদাই অ্যানোডে জারণ এবং ক্যাথোডে বিজারণ ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। প্রশ্ন উঠিতে পারে বিপরীতভাবে প্রকাশ করিয়া কপারের জারণ এবং জিঙ্কের বিজারণ কেন গ্রাহ্য নয়? বিক্রিয়কদ্বয়ের মধ্যে কোন্‌টির জারিত হওয়ার প্রবণতা বেশী উহা উহাদের নিজস্ব তড়িৎ-দ্বারের একক জারণ বিভবের ($\mathscr{E}^{\circ}$) দ্বারা নির্ধারিত হইবে। এ বিষয়ে পূর্বেই অনুচ্ছেদ (৪-৭)-এ আলোচনা করা হইয়াছে।

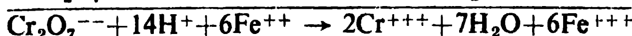
এইভাবে অন্যান্য আয়নীয় বিক্রিয়াকেও আয়নের সঙ্গে ইলেকট্রন আদান-প্রদানের দুইটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। যেমন, আম্লিক দ্রবণে ডাইক্রোমেট ফেরাস লবণকে জারিত করিয়া ফেরিক লবণে পরিণত করে এবং উহা নিজে ক্রোমিক লবণে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার্ধ দুইটি হইবে,



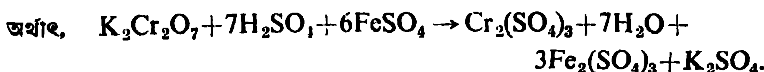
$6 \times$ (*i*) $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++} + e$ (জারণ)



(*ii*) $Cr_2O_7^{--} + 6e + 14H^{+} \rightarrow 2Cr^{+++} + 7H_2O$ (বিজারণ)



$$Cr_2O_7^{--} + 14H^{+} + 6Fe^{++} \rightarrow 2Cr^{+++} + 7H_2O + 6Fe^{+++}$$



অর্থাৎ, $K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6FeSO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4.$

আয়ন-ইলেকট্রন দ্বারা জারণ ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া প্রকাশ করিয়া সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার সমীকরণ পাওয়ার দৃষ্টান্ত পরে আরও দেওয়া হইয়াছে।

যে সকল পদার্থের আয়ন ছাড়িয়া দেওয়ার ক্ষমতা সমধিক (অর্থাৎ, একক জারণ বিভব বেশী) উহারাই ভাল বিজারকরূপে কাজ করে, যেমন, Na, K, $Fe^{++}$, $Sn^{++}$, $H_2$, $H_2S$, $H_2SO_3$, HI ইত্যাদি। পক্ষান্তরে, যে সকল পদার্থ অতি সহজে ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহারাই জারকের কাজ করে, যেমন, $Cl_2$, $Br_2$, $HNO_3$, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, $H_2O_2$ ইত্যাদি।

**৬-২। জারণ-সংখ্যা (Oxidation number)।** অনেক বিক্রিয়াই, যেমন $H_2S$ ও $Br_2$, Zn ও $CuSO_4$ দ্রবণ, $HgCl_2$ ও $SnCl_2$ প্রভৃতি, ইলেকট্রনের বর্জন ও গ্রহণ

দ্বারা অনায়াসেই বুঝা যায়। এই সব বিক্রিয়াকে দুইটি অর্ধ-বিক্রিয়ার আয়ন-ইলেকট্রন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

কিন্তু কোন কোন বিক্রিয়া আছে, বিশেষতঃ যেখানে জটিল যৌগ অংশ গ্রহণ করে, সেখানে ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন এত সহজে বোধগম্য হয় না, যদিও ইলেকট্রনের দেওয়া-নেওয়ার মাধ্যমেই জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ঘটে। একটি উদাহরণ দিলে সহজে বুঝা যাইবে। আমরা জানি, আম্লিক দ্রবণে $KMnO_4$ একটি ভাল জারক, উহা সহজেই HCl-অ্যাসিডকে জারিত করিয়া $Cl_2$-গ্যাস উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াতে $MnO_4^-$ আয়নটি বিজারিত হইয়া $Mn^{++}$ আয়নে পরিণত হয়। এখানে সরাসরি ম্যাঙ্গানিজের ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণ কল্পনা করা কঠিন। প্রকৃতপক্ষে, পরোক্ষ উপায়ে $MnO_4^-$ আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

আবার, কার্বন জারিত হইয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহা সমযোজী যৌগ, এখানেও ইলেকট্রনের বর্জন বা গ্রহণ দ্বারা জারণ-বিজারণ প্রকাশ সম্ভব নয়। এইসকল অসুবিধা দূর করিবার জন্য অন্য একটি মতবাদ গ্রহণ করা হইয়াছে। আমরা জানি, ফেরাস লবণে আয়রণের আয়ন দ্বিযোজী, উহার আধান দুই; ফেরিক লবণে আয়রণের যোজ্যতা তিন, উহার আধানও তিন। ইহার অর্থ আয়রণ দুই প্রকার যৌগে দুইটি বিভিন্ন অবস্থায় বা স্তরে থাকে। কোন যৌগে একটি পরমাণু যে অবস্থায় থাকে তাহাকে বলা হয় উহার **'জারণ-মাত্রা'** বা জারণ-স্তর (oxidation state)। এই জারণ-স্তর একটি সংখ্যাদ্বারা প্রকাশ করাই রীতি, উহাকে বলা হয় **'জারণ-সংখ্যা'** বা যোজক-সংখ্যা (oxidation number or valence number)। যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে যৌগমধ্যস্থ পরমাণুটি মৌলের উদাসীন পরমাণুতে (neutral atom) পরিণত হইবে, তাহাই সেই অবস্থায় পরমাণুটির জারণ-সংখ্যা। ফেরাস লবণে আয়রণের জারণ-সংখ্যা দুই, ফেরিক লবণে তিন। এই জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হইতে পারে। যেমন, সোডিয়ামের জারণ-সংখ্যা, $+1$, ক্লোরিণের জারণ-সংখ্যা, $-1$, ইত্যাদি। নানা রকম জটিল যৌগে পরমাণুর জারণ-সংখ্যা স্থির করিতে নিম্নোক্ত বিধান দেওয়া হইয়াছে।

(ক) মুক্ত মৌলের জারণ-সংখ্যা সর্বদাই শূন্য, 0।

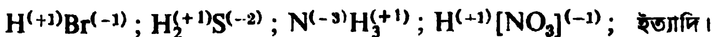
(খ) একপরমাণুক আয়নের জারণ-সংখ্যা উহার আধানের সমান। যেমন,



$$Na^{(+1)}Cl^{(-1)} \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}, \quad Mg^{(+2)}Br_2^{(-1)} = Mg^{++} + 2Br^{-},$$

[চিহ্নের মাথার সংখ্যাগুলি জারণ-সংখ্যার নির্দেশক]

(গ) যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা $+1$ ধরা হইয়াছে। কেবলমাত্র ধাতব হাইড্রাইডের ক্ষেত্রে উহার ব্যতিক্রম। সেখানে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা, $-1$.



$$H^{(+1)}Br^{(-1)}\,;\ H_2^{(+1)}S^{(-2)}\,;\ N^{(-3)}H_3^{(+1)}\,;\ H^{(+1)}[NO_3]^{(-1)}\,;$$ ইত্যাদি।

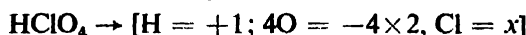
ব্যতিক্রম: $Li^{(+1)}H^{(-1)}$।

(ঘ) যৌগে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা, $-2$ ধরা হইয়াছে। কেবলমাত্র অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর ঋণাত্মক মৌলের অক্সাইড এবং পার-অক্সাইড উহার ব্যতিক্রম

$H_2^{(+1)}O^{(-2)}$ ; $Mg^{(+2)}O^{(-2)}$ ; $C^{(+4)}O_2^{(-2)}$ ; $S^{(+6)}O_3^{(-2)}$ ; $Fe_2^{(+3)}O_3^{(-2)}$ ইত্যাদি।

ব্যতিক্রম : $F_2^{(-1)}O^{(+2)}$ ; $H_2^{(+1)}O_2^{(-1)}$ ।

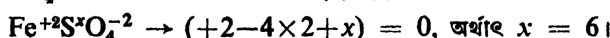
(ঙ) কোন যৌগের সমস্ত পরমাণুর জারণ-সংখ্যার সমষ্টি শূন্য হইবে। উপরের উল্লিখিত প্রত্যেকটি উদাহরণ ইহা সমর্থন করিবে। এই নিয়ম হইতে আমরা জটিল-যৌগ বা আয়নের জারণ-সংখ্যা বাহির করিতে পারি। যেমন, পার-ক্লোরিক অ্যাসিডে, $HClO_4$, ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা, +7। কারণ



$$HClO_4 \rightarrow [H = +1; 4O = -4\times 2, Cl = x]$$

$$\therefore\ 1-8+x = 0; \quad \text{অর্থাৎ } x = +7$$

সেইরূপ, $FeSO_4$-এ সালফারের জারণ-সংখ্যা ($x$) হইবে।



$$Fe^{+2}S^{x}O_4^{-2} \rightarrow (+2-4\times 2+x) = 0, \text{ অর্থাৎ } x = 6।$$

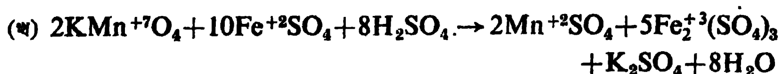
সাধারণতঃ পর্যায়-সারণীর প্রথম তিন গ্রুপের বা শ্রেণীর মৌলদের পরমাণু যৌগাবস্থায় থাকিলে উহাদের জারণ-সংখ্যা উহাদের স্বাভাবিক আধানের সমান এবং যথাক্রমে +1, +2, এবং +3 হইয়া থাকে। $Na^{+1}Cl^{-1}$, $Mg^{+2}O^{-2}$, $Al_2^{+3}O_3^{-2}$ ইত্যাদি।

কিন্তু পঞ্চম, ষষ্ঠ এবং সপ্তম শ্রেণীর অধাতব মৌলগুলির এবং সন্ধিগত-মৌলসমূহের পরামাণু যৌগাবস্থায় বিভিন্ন রকমের জারণ-স্তরে থাকে। যেমন, হ্যালোজেনগুলির (F-ব্যতীত) জারণ-সংখ্যা −1 হইতে +7 পর্যন্ত দেখা যায়। সালফার গোষ্ঠির মৌলের জারণ-সংখ্যা −2 হইতে +6, নাইট্রোজেন-শ্রেণীর −3 হইতে +5 পর্যন্ত হয়। ম্যাঙ্গানিজ ও সালফারের বিভিন্ন জারণ-সংখ্যা উদাহরণ হিসাবে নিম্নে দেওয়া হইল :

| ম্যাঙ্গানিজ | জারণ-সংখ্যা | সালফার | জারণ-সংখ্যা |
|---|---|---|---|
| $MnO_4^-$, $Mn_2O_7$ | +7 | $SO_4^{--}$, $H_2SO_4$, $SO_3$ | +6 |
| $MnO_4^{--}$ | +6 | $SO_3^{--}$, $H_2SO_3$, $SO_2$ | +4 |
| $MnO_2$ | +4 | S (মৌল) | 0 |
| $Mn_2O_3$, $Mn^{+++}$ | +3 | $Na_2S_2$ | −1 |
| $Mn^{++}$ | +2 | $H_2S$ | −2 |

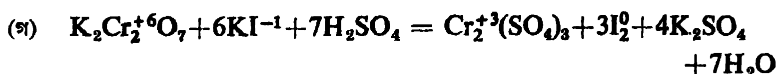
রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যাহার জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাইবে তাহার জারণ হইয়াছে ধরিতে হইবে। আর যাহার জারণ-সংখ্যা হ্রাস পাইবে তাহার বিজারণ হইয়াছে বুঝিতে হইবে। যেমন,

(ক) $C^0+O_2^0 \rightarrow C^{+4}O_2^{-4}$ কার্বনের জারণ এবং অক্সিজেনের বিজারণ হইয়াছে।



(খ) $$2KMn^{+7}O_4+10Fe^{+2}SO_4+8H_2SO_4 \rightarrow 2Mn^{+2}SO_4+5Fe_2^{+3}(SO_4)_3+K_2SO_4+8H_2O$$

ম্যাঙ্গানিজের বিজারণ এবং $Fe^{++}$ আয়নের জারণ হইয়াছে।



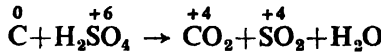
(গ) $$K_2Cr_2^{+6}O_7+6KI^{-1}+7H_2SO_4 = Cr_2^{+3}(SO_4)_3+3I_2^0+4K_2SO_4+7H_2O$$

ক্রোমিয়ামের বিজারণ এবং আয়োডাইডের জারণ হইয়াছে।

একটু অনুধাবন করিলে দেখা যাইবে, জারণ-অঙ্কের হ্রাস এবং বৃদ্ধি সমান। (গ) সমীকরণে ক্রোমিয়ামের মোট জারণ-অঙ্ক হ্রাস, $2\times6 - 2\times3 = 6$ এবং আয়োডিনের জারণ-অঙ্কের বৃদ্ধি, $3\times0-(6\times-1) = 6$

**৬-৩। জারণ-সংখ্যার সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণ গঠন।** আমরা দেখিয়াছি, বিক্রিয়াতে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে, কোন পরমাণুর জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় এবং অপর কোন পরমাণুর উহা বৃদ্ধি পায় এবং এই হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান হইবে। সমস্ত বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের সংকেত জানা থাকিলে, এই বিধি প্রয়োগ করিয়া সম্পূর্ণ সমীকরণ পাওয়া যায়। কয়েকটি উদাহরণ এখানে দেওয়া হইল। পরমাণুর মাথায় জারণ-সংখ্যা নির্দেশ করা হইয়াছে।

(অ) কার্বন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা জারিত হইয়া $CO_2$ উৎপাদন করে। বিক্রিয়াতে,

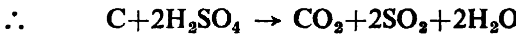


$$\overset{0}{C}+H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2+\overset{+4}{S}O_2+H_2O$$

(ক) কার্বনের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি $= +4$

(খ) সালফারের জারণ-সংখ্যার হ্রাস $= -2$

হ্রাস এবং বৃদ্ধি সমান করিতে হইলে অবশ্যই দুইটি সালফার লইতে হইবে।



$$\therefore \quad C+2H_2SO_4 \rightarrow CO_2+2SO_2+2H_2O$$

ইহাই সঠিক সমীকরণ।

(আ) ক্যাডমিয়াম সালফাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে সালফার, নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি পাওয়া যায়। বিক্রিয়ার পদার্থগুলি,



$$Cd\overset{-2}{S}+H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow Cd(NO_3)_2+\overset{+2}{N}O+\overset{0}{S}+H_2O$$

এখানে (ক) সালফারের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি $= +2$

(খ) নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যার হ্রাস $= -3$

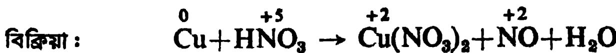
জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান করিতে হইলে, তিনটি সালফার এবং দুইটি নাইট্রোজেন তথা দুইটি $NO_3^-$ লওয়া সঙ্গত হইবে। অতএব, উপযুক্ত এবং সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে।



$$3CdS+8HNO_3 = 3Cd(NO_3)_2+2NO+3S+4H_2O$$

অন্যান্য অণুর সংখ্যা ডান এবং বাঁদিকের পরমাণুর সংখ্যা গুনিয়া স্থির করিতে হইবে। তিনটি ক্যাডমিয়াম আয়নের নাইট্রেট লবণে পরিণত করিতে আরও ছয়টি $HNO_3$ প্রয়োজন। সেই জন্য মোট আটটি $HNO_3$ অণু লইতে হইবে।

(ই) নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতব কপার দ্রবিত করিয়া কিউপ্রিক নাইট্রেট এবং নাইট্রিক অক্সাইড ও জল উৎপাদন করে।



বিক্রিয়া : $$\overset{0}{Cu}+H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2+\overset{+2}{N}O+H_2O$$

(ক) কপারের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি $= +2$

(খ) নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যার হ্রাস $= -3$

সুতরাং এই বিক্রিয়াতে জারণ-সংখ্যার হ্রাস ও বৃদ্ধির সমতার জন্যই তিনটি কপার অণু এবং দুইটি $HNO_3$ প্রয়োজন। তদুপরি তিনটি $Cu^{++}$ আয়নকে লবণে পরিণত করিতে

$HNO_3$ অণু দরকার। অতএব মোট আটটি $HNO_3$ প্রয়োজন হইবে। সুতরাং সুষ্ঠু সমীকরণ হইবে,



$$3Cu+8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

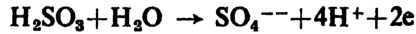
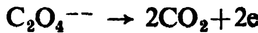
**৬-৪। আয়ন-ইলেকট্রন আদান-প্রদান দ্বারা জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ গঠন।** জলীয় দ্রবণে যে সমস্ত জারণ-বিজারণ ক্রিয়া হয় তাহার প্রায় সবগুলিই আয়নীয় বিক্রিয়া। এইরূপ বিক্রিয়াতে এক অংশ ইলেকট্রন গ্রহণ করে, অপরাংশ ইলেকট্রন বর্জন করে। পূর্বেই দেখিয়াছি, আয়নের বা পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণ এবং বর্জন পৃথকভাবে দুইটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এখন, এই দুইটি বিক্রিয়ার সমন্বয় করিলেই সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার সমীকরণ পাওয়া সম্ভব। ইহা করিতে হইলে, (ক) প্রথমতঃ জারকের ইলেকট্রন গ্রহণের এবং বিজারকের ইলেকট্রন বর্জনের অর্ধ-বিক্রিয়াগুলি লিখিতে হইবে, এবং (খ) এই দুই আংশিক সমীকরণকে উপযুক্ত সংখ্যাদ্বারা গুণ করিতে হইবে যেন উভয় ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান হয়। তৎপর সমীকরণ দুইটি যোগ করিলেই সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার আয়নীয় সমীকরণ পাওয়া যাইবে। উহাতে অবশ্য যে সকল আয়নের একেবারেই কোন পরিবর্তন হয় না, তাহা থাকিবে না।

প্রথমতঃ, জারক এবং বিজারকের ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন করার অর্ধ-বিক্রিয়াগুলি সম্পর্কে ধারণা থাকা উচিত। উহাদের কয়েকটির অর্ধ-বিক্রিয়া নীচে দেওয়া হইল:

| জারক | অর্ধ-বিক্রিয়ার সমীকরণ |
|---|---|
| ক্লোরিন | $Cl_2+2e \rightarrow 2Cl^-$ |
| হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড | $H_2O_2+2H^++2e \rightarrow 2H_2O$ |
| নাইট্রিক অ্যাসিড (গাঢ়) | $NO_3'+2H^++e \rightarrow NO_2+H_2O$ |
| নাইট্রিক অ্যাসিড (লঘু) | $NO_3'+4H^++3e \rightarrow NO+2H_2O$ |
| সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট | $ClO^-+H_2O+2e \rightarrow Cl^-+2OH^-$ |
| পটাসিয়াম আয়োডেট | $IO_3^-+6H^++6e \rightarrow I^-+3H_2O$ |
| পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট | $Cr_2O_7^{--}+14H^++6e \rightarrow 2Cr^{+++}+7H_2O$ |
| পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট (আম্লিক) | $MnO_4^-+8H^++5e \rightarrow Mn^{++}+4H_2O$ |
| পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট (প্রশম) | $MnO_4^-+2H_2O+3e \rightarrow MnO_2+4OH^-$ |
| ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড | $MnO_2+4H^++2e \rightarrow Mn^{++}+2H_2O$ |

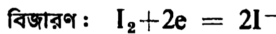
ইত্যাদি।

| বিজারক | অর্ধ-বিক্রিয়ার সমীকরণ |
|---|---|
| হাইড্রোজেন | $H_2 \rightarrow 2H^++2e$ |
| ধাতুসমূহ | $Zn \rightarrow Zn^{++}+2e$ ; $Fe \rightarrow Fe^{++}+2e$ |
| | ইত্যাদি। |
| নিম্ন যোজ্যতার ধাতব আয়ন, | $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}+e$ |
| যথা, $Fe^{++}$, $Sn^{++}$ ইত্যাদি | $Sn^{++} \rightarrow Sn^{++++}+2e$ |
| হাইড্রোজেন সালফাইড | $H_2S \rightarrow 2H^++S+2e$ |
| হাইড্রোজেন আয়োডাইড | $2HI \rightarrow 2H^++I_2+2e$ |

| বিজারক | অর্ধ-বিক্রিয়ার সমীকরণ |
|---|---|
| সালফিউর‍্যাস অ্যাসিড |  $H_2SO_3+H_2O \rightarrow SO_4^{--}+4H^++2e$ |
| আরসেনাইট দ্রবণ |  $AsO_3^{---}+H_2O \rightarrow AsO_4^{---}+2H^++2e$ |
| হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড |  $H_2O_2 \rightarrow 2H^++O_2+2e$ |
| অক্সালিক অ্যাসিড |  $C_2O_4^{--} \rightarrow 2CO_2+2e$ |
| থায়োসালফেট দ্রবণ |  $2S_2O_3^{--} \rightarrow S_4O_6^{--}+2e$ ইত্যাদি |

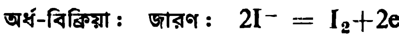
উদাহরণ: (ক) $Na_2S_2O_3$ এবং আয়োডিনের বিক্রিয়া:

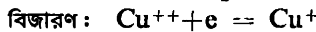

অর্ধ-বিক্রিয়া: জারণ: $2S_2O_3^{--} = S_4O_6^{--}+2e$


বিজারণ: $I_2+2e = 2I^-$

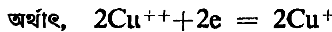

সম্পূর্ণ বিক্রিয়া: $2S_2O_3^{--}+I_2 = S_4O_6^{--}+2I^-$

(খ) কপার সালফেট এবং পটাসিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়া:


অর্ধ-বিক্রিয়া: জারণ: $2I^- = I_2+2e$

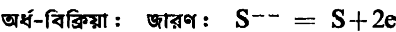

বিজারণ: $Cu^{++}+e = Cu^+$

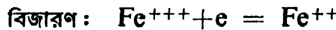
ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান করার জন্য দ্বিতীয় অর্ধবিক্রিয়াকে দ্বিগুণ করিতে হইবে।


অর্থাৎ, $2Cu^{++}+2e = 2Cu^+$

অতএব সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে, $2I'+2Cu^{++} = 2Cu^++I_2$

(গ) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ এবং $H_2S$-গ্যাসের বিক্রিয়া:


অর্ধ-বিক্রিয়া: জারণ: $S^{--} = S+2e$


বিজারণ: $Fe^{+++}+e = Fe^{++}$

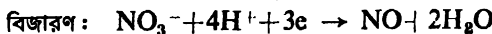
দ্বিতীয় বিক্রিয়াংশকে দুইদ্বারা গুণ করিলে ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান হয়। অতএব,


$$2Fe^{+++}+2e = 2Fe^{++}$$

সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে, $S^{--}+2Fe^{+++} = 2Fe^{++}+S$

(ঘ) কপার এবং নাতিলঘু $HNO_3$ অ্যাসিডের বিক্রিয়া:


অর্ধ-বিক্রিয়া: জারণ: $Cu \rightarrow Cu^{++}+2e$


বিজারণ: $NO_3^-+4H^++3e \rightarrow NO+2H_2O$

আংশিক বিক্রিয়া দুইটিতে ইলেকট্রন-সংখ্যার সমতার জন্য প্রথমটিকে তিনদ্বারা এবং দ্বিতীয়টি দুইদ্বারা গুণ করিতে হইবে।

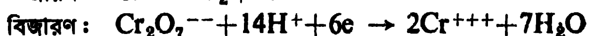

$$3Cu \rightarrow 3Cu^{++}+6e$$


$$2NO_3^-+8H^++6e \rightarrow 2NO+4H_2O$$

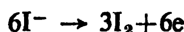
সম্পূর্ণ সমীকরণ: $3Cu+2NO_3^-+8H^+ = 3Cu^{++}+2NO+4H_2O$

(ঙ) আম্লিক ডাইক্রোমেটের সঙ্গে পটাসিয়াম আয়োডাইডের বিক্রিয়া:


অর্ধ-বিক্রিয়া: জারণ: $2I^- \rightarrow I_2+2e$


বিজারণ: $Cr_2O_7^{--}+14H^++6e \rightarrow 2Cr^{+++}+7H_2O$

জারণের অর্ধবিক্রিয়াকে তিনগুণ করিলে ইলেকট্রন-সংখ্যা উভয়ক্ষেত্রে সমান হইবে।



$$6I^- \rightarrow 3I_2+6e$$

এখন যোগ করিলে বিক্রিয়ার সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে:

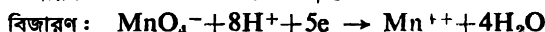


$$Cr_2O_7^{--}+14H^++6I^- = 2Cr^{+++}+7H_2O+3I_2 \ .$$

(চ) আম্লিক পটাস-পারম্যাঙ্গানেটের সঙ্গে ফেরাস লবণের বিক্রিয়া:



অর্ধ-সমীকরণ: জারণ: $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}+e$



বিজারণ: $MnO_4^-+8H^++5e \rightarrow Mn^{++}+4H_2O$

জারণের অর্ধ-বিক্রিয়াকে পাঁচগুণ করিলেই ইলেকট্রনের সংখ্যা উভয়ক্ষেত্রে সমান হইবে।



$$5Fe^{++} \rightarrow 5Fe^{+++}+5e$$

এখন যোগ করিলে সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে,

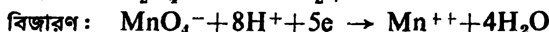


$$MnO_4^-+8H^++5Fe^{++} = Mn^{++}+4H_2O+5Fe^{+++}$$

(ছ) আম্লিক পটাস পারমাঙ্গানেটের সঙ্গে অক্সালিক-অ্যাসিডের বিক্রিয়া:

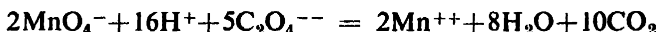


অর্ধ-সমীকরণ: জারণ: $C_2O_4^{--} \rightarrow 2CO_2+2e$



বিজারণ: $MnO_4^-+8H^++5e \rightarrow Mn^{++}+4H_2O$

জারণের আংশিক বিক্রিয়াকে পাঁচদ্বারা এবং বিজারণের আংশিক বিক্রিয়াকে দুইদ্বারা গুণ করিয়া, উভয়কে যোগ করিলে, সম্পূর্ণ সমীকরণ হইবে,



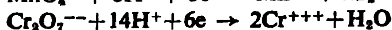
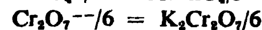
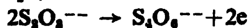
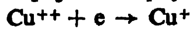
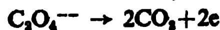
$$2MnO_4^-+16H^++5C_2O_4^{--} = 2Mn^{++}+8H_2O+10CO_2$$

এইভাবে আয়ন-ইলেকট্রনদ্বারা অর্ধ-বিক্রিয়া প্রকাশ করিয়া, সম্পূর্ণ বিক্রিয়ার সমীকরণ পাওয়া যায়।

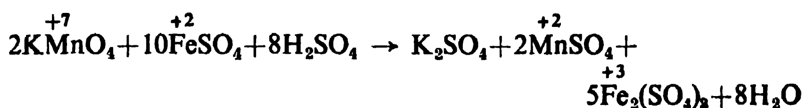
**৬-৫। জারক এবং বিজারকের তুল্যাঙ্ক।** একটি ইলেকট্রন গ্রহণে যে পরিমাণ জারক-দ্রব্য প্রয়োজন তাহাকে উহার তুল্যাঙ্ক ধরা হয়। যেমন, $KMnO_4$ (তথা $MnO_4^-$) এর এক অণু পাঁচটি ইলেকট্রন লইয়া বিজারিত হয়। অতএব উহার তুল্যাঙ্ক আণবিক গুরুত্বের এক পঞ্চমাংশ।

সেইরূপ যে পরিমাণ বিজারক একটি ইলেকট্রন বর্জন করিয়া জারিত হয়, তাহাই বিজারকের তুল্যাঙ্ক। যেমন, এক অণু অক্সালিক অ্যাসিড (তথা $C_2O_4^{--}$) জারিত হইলে দুইটি ইলেকট্রন বর্জন করে, সুতরাং উহার তুল্যাঙ্ক আণবিক গুরুত্বের অর্ধেক।

কয়েকটি জারক বা বিজারকের তুল্যাঙ্ক এখানে দেওয়া হইল:

| জারক / বিজারক | তুল্যাঙ্ক |
|---|---|
|  $MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{++}+4H_2O$ |  $MnO_4^-/5 = KMnO_4/5$ |
|  $Cr_2O_7^{--}+14H^++6e \rightarrow 2Cr^{+++}+H_2O$ |  $Cr_2O_7^{--}/6 = K_2Cr_2O_7/6$ |
|  $I_2 + 2e \rightarrow 2I^-$ |  $I_2/2$ |
|  $2S_2O_3^{--} \rightarrow S_4O_6^{--}+2e$ |  $S_2O_3^{--}/1 = Na_2S_2O_3/1$ |
|  $Cu^{++} + e \rightarrow Cu^+$ |  $Cu^{++}/1 = CuSO_4/1$ |
|  $Fe^{++} \rightarrow Fe^{+++}+e$ |  $Fe^{++}/1 = Fe^{+++}/1$ |
|  $C_2O_4^{--} \rightarrow 2CO_2+2e$ |  $C_2O_4^{--}/2 = H_2C_2O_4/2$ |

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হইতেও জারক এবং বিজারকের তুল্যাঙ্ক জানা যায়। যৌগের যে পরমাণু জারিত বা বিজারিত হইবে তাহার জারণ-সংখ্যারও পরিবর্তন হইবে। সেই যৌগের আণবিক গুরুত্বকে জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি বা হ্রাস দ্বারা ভাগ করিলেই সেই বিজারক বা জারকের তুল্যাঙ্ক বাহির হইবে, যেমন,



$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 10\overset{+2}{Fe}SO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 5\overset{+3}{Fe_2}(SO_4)_3 + 8H_2O$$

এখানে Mn-এর জারণ-সংখ্যার হ্রাস, 5; সুতরাং উহার তুল্যাঙ্ক $KMnO_4/5$। এবং Fe-এর জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি, 1; সুতরাং উহার তুল্যাঙ্ক $FeSO_4/1$। আবার অক্সালিক অ্যাসিড জারিত হইলে, $H_2\overset{+3\times2}{C_2}O_4 \rightarrow 2\overset{+2\times4}{CO_2} + H_2O$, সুতরাং জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি, $(8-6) = 2$। অতএব উহার তুল্যাঙ্ক হইবে $H_2C_2O_4/2$।

পরিচ্ছেদ ৭

# সবর্গীয় যৌগ : ভার্ণারের মতবাদ

**৭-১। যুগ্মলবণ এবং জটিল লবণ।** কখন কখনও দুইটি সরল লবণ একত্র যুক্ত হইয়া এমন একটি লবণ তৈয়ারী করে যাহাতে উপাদান-লবণ দুইটির সমস্ত আয়নই বর্তমান তখন উহাকে 'যুগ্ম লবণ' (double salt) বলা হয়। এই লবণের কেলাস সরল লবণ হইতে পৃথক হয়, অনেক সময় রংয়েরও পরিবর্তন হয়। যুগ্ম লবণ যখন জলে দ্রাবিত হয় তখন দুইটি লবণই স্বাধীনভাবে নিজেদের স্ব স্ব আয়নে বিয়োজিত হয় এবং দ্রবণটি একটি সরল আণবিক অনুপাতের মিশ্রণ হিসাবে ব্যবহার করে।

পটাসিয়াম সালফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট-এর মিশ্র দ্রবণ হইতে যে ফটকিরির কেলাস পাওয়া যায়, তাহার সংকেত, $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$, জলীয় দ্রবণে ইহার বিয়োজনে উপাদান লবণ দুইটির প্রত্যেকটি আয়ন পাওয়া যায়:

$$K_2SO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ 24H_2O \rightleftharpoons 2K^+ + 2Al^{+++} + 4SO_4^{--} + 24H_2O$$

ম'র লবণও (Mohr's salt) এইরূপ যুগ্ম-লবণ।

$$FeSO_4,\ (NH_4)_2SO_4,\ 6H_2O \rightleftharpoons Fe^{++} + 2NH_4^+ + 2SO_4^{--} + 6H_2O$$

$KCl, MgCl_2, 6H_2O$ (কার্ণালাইট), $KCl, MgSO_4, 3H_2O$ (ক্যানাইট)

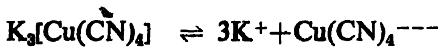
প্রভৃতিও হইল যুগ্ম লবণের উদাহরণ।

আবার অনেক ক্ষেত্রে সরল লবণ দুইটি পরস্পর এমন ঘনিষ্ঠভাবে যুক্ত হইয়া যায়, যে উহাদের স্বাধীন-সত্ত্বা লোপ পায়। বস্তুতঃ উপাদানগুলি হইতে একটি নূতন লবণের সৃষ্টি হয়। জলে দ্রবীভূত হইলে উহা হইতে নূতন রকমের আয়ন পাওয়া যায়। এই রকম লবণকে বলা হয় 'জটিল লবণ' (compex salt)। যেমন, KCl এবং $PtCl_4$ একত্র যুক্ত হইয়া, $K_2PtCl_6$ [পটাসিয়াম প্লাটিনিক্লোরাইড] সৃষ্টি করে এবং উহার দ্রাবিত অবস্থায় বিয়োজন:



$$K_2PtCl_6 \rightleftharpoons 2K^+ + PtCl_6^{--}$$

আদি লবণ দুইটির $Cl^-$ আয়নগুলির আর পৃথক অস্তিত্ব থাকে না। প্লাটিনাম আয়নও পাওয়া যায় না। $PtCl_6^{--}$ একটি 'জটিল আয়ন'। এইরূপ আরও বহু উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে:



$$K_3[Cu(CN)_4] \rightleftharpoons 3K^+ + Cu(CN)_4^{---}$$

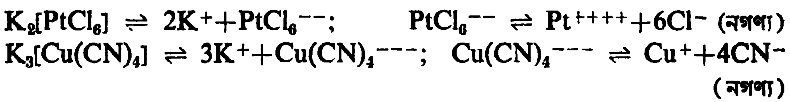


$$[Co(NH_3)_6]Cl_3 \rightleftharpoons Co(NH_3)_6^{+++} + 3Cl^- \quad \text{ইত্যাদি।}$$

দ্রবণে জটিল আয়নের বিয়োজনের মাত্রা অনুসারে জটিল লবণসমূহকে (ক) সম্পূর্ণ এবং (খ) অসম্পূর্ণ (perfect and imperfect) —এই দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে।

(ক) **'সম্পূর্ণ জটিল যৌগ'**—ইহারা বেশ স্থায়ী। জলীয় দ্রবণে জটিল আয়নের বিয়োজন প্রায় হয় না, হইলেও উহা নগণ্য। উপরে উল্লিখিত $K_2[PtCl_6]$, $K_3[Cu(CN)_4]$

ইত্যাদি এই ধরণের সম্পূর্ণ জটিল-যৌগ। উহাদের জটিল আয়ন $Pt(Cl)_6^{--}$, $Cu(CN)_4^{---}$ ইত্যাদি নামমাত্র বিয়োজিত হইয়া থাকে।

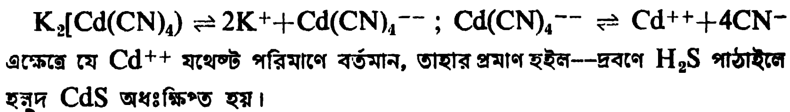


$K_2[PtCl_6] \rightleftharpoons 2K^+ + PtCl_6^{--}$;  $PtCl_6^{--} \rightleftharpoons Pt^{++++} + 6Cl^-$ (নগণ্য)

$K_3[Cu(CN)_4] \rightleftharpoons 3K^+ + Cu(CN)_4^{---}$;  $Cu(CN)_4^{---} \rightleftharpoons Cu^+ + 4CN^-$ (নগণ্য)

(খ) **'অসম্পূর্ণ জটিল-যৌগ'**—ইহারা অনেকাংশে অস্থায়ী প্রকৃতির। জলীয় দ্রবণে জটিল আয়নের অধিকমাত্রায় বিয়োজন ঘটে এবং আদি উপাদানের আয়ন সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ অনেকটা যুগ্ম-লবণের মত ব্যবহার করে $K_2[Cd(CN)_4]$, $[Ag(NH_3)_2]Cl$ ইত্যাদি এইরূপ অস্থায়ী ধরনের অসম্পূর্ণ জটিল-যৌগ।

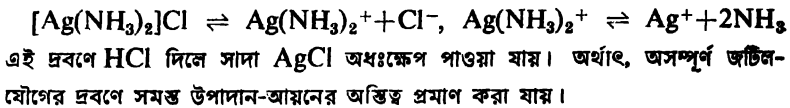
$Cd^{++}$-আয়নের দ্রবণে KCN যোগ করিলে যে জটিল লবণ $K_2[Cd(CN)_4]$, পাওয়া যায়, তাহার বিয়োজন :



$K_2[Cd(CN)_4] \rightleftharpoons 2K^+ + Cd(CN)_4^{--}$ ; $Cd(CN)_4^{--} \rightleftharpoons Cd^{++} + 4CN^-$

এক্ষেত্রে যে $Cd^{++}$ যথেষ্ট পরিমাণে বর্তমান, তাহার প্রমাণ হইল—দ্রবণে $H_2S$ পাঠাইলে হলুদ CdS অধঃক্ষিপ্ত হয়।

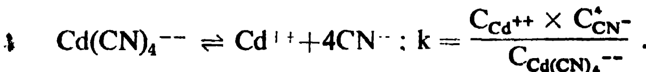
সেই রকম, $AgCl^-$-কে অ্যামোনিয়াতে দ্রবিত করিলে যে জটিল-যৌগ $[Ag(NH_3)_2]Cl$ পাওয়া যায়, উহার বিয়োজনেও যথেষ্ট $Ag^+$ উৎপন্ন হয়। কারণ,



$[Ag(NH_3)_2]Cl \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+ + Cl^-$, $Ag(NH_3)_2^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$

এই দ্রবণে HCl দিলে সাদা AgCl অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, অসম্পূর্ণ জটিল-যৌগের দ্রবণে সমস্ত উপাদান-আয়নের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

যুগ্ম-লবণ এবং জটিল-লবণের পার্থক্য শুধু জটিল-আয়নের স্থায়িত্বে। ভর-সূত্র অনুযায়ী জটিল-আয়নের বিয়োজন-ধ্রুবকও বাহির করা যায়। যেমন,



$$Cd(CN)_4^{--} \rightleftharpoons Cd^{++} + 4CN^- ; \; k = \frac{C_{Cd^{++}} \times C_{CN^-}^4}{C_{Cd(CN)_4^{--}}}.$$

জটিল আয়নের এই বিয়োজন-ধ্রুবককে বলা হয়, 'অস্থায়ীত্ব-ধ্রুবক' (instability constant) এই ধ্রুবকের মান যত কম হইবে জটিল-যৌগের স্থায়িত্ব তত বেশী হইবে। সম্পূর্ণ জটিল-যৌগের বেলাতে এই ধ্রুবকের মান যথেষ্ট কম। যেমন,

| | জটিল আয়ন | k(25°C) |
|---|---|---|
| (সম্পূর্ণ) | $Cu(CN)_4^{---}$ | $5 \times 10^{-28}$ |
| (সম্পূর্ণ) | $Ag(CN)_2^-$ | $1 \times 10^{-21}$ |
| (অসম্পূর্ণ) | $Cd(CN)_4^{--}$ | $1.4 \times 10^{-17}$ |
| (অসম্পূর্ণ) | $Ag(NH_3)_2^+$ | $6.8 \times 10^{-8}$ |

**৭-২। ভার্ণারের মতবাদ (Werner's theory)।** 1893 খ্রীস্টাব্দে আলফ্রেড ভার্ণার তাহার বিখ্যাত 'সবর্গীয় তত্ত্ব' (co-ordination theory) প্রচার করেন। তাঁহার এই মতবাদ হইতেই জটিল যৌগের গঠন-বিন্যাস ও প্রকৃতি বুঝা সম্ভব হইয়াছে। এই তত্ত্বের মূল বক্তব্যগুলি নিম্নরূপ।

(ক) ধাতু সমূহের দুই জাতীয় যোজ্যতা আছে—এক, 'মুখ্য' বা আয়নীয় যোজ্যতা

(principal or primary valency) এবং দুই, 'গৌণ' বা অবশিষ্ট যোজ্যতা (secondary or residual valency)।

(খ) মুখ্য যোজ্যতা যথারীতি অ্যানায়ন দ্বারা পূর্ণ হয়। মুখ্য যোজ্যতা পূর্ণ হওয়ার পরেও ধাতব আয়নের কিছু অবশিষ্ট আকর্ষণ থাকে (residual affinity) থাকে। এই আকর্ষণই গৌণ যোজ্যতার কারণ। গৌণ যোজ্যতার সাহায্যে ধাতব আয়ন নানা রকম অণু বা ঋণাত্মক আয়ন, যেমন, $H_2O$, $NH_3$, NO, CO, কিংবা $Cl^-$, $CN^-$, $NO_2^-$, $F^-$ ইত্যাদি আকৃষ্ট করিয়া রাখে।

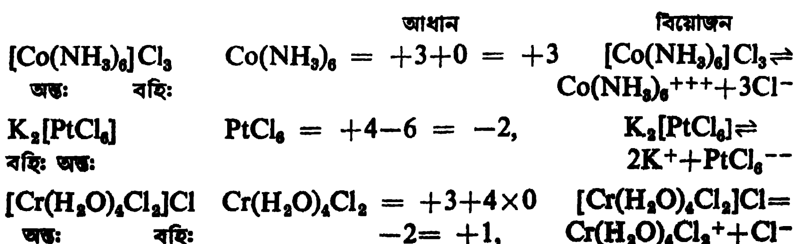
(গ) প্রত্যেক ধাতুরই গৌণ যোজ্যতার মান নির্দিষ্ট। গৌণ যোজ্যতার সংখ্যাকে বলা হয় 'সবর্গাঙ্ক' (co-ordination number)। এই সবর্গাঙ্ক সচরাচর 6 অথবা 4 হয়। Pt, Co, Cr ইত্যাদির সবর্গাঙ্ক 6 এবং Cu, Cd প্রভৃতির সবর্গাঙ্ক 4।

(ঘ) জটিল যৌগের অণুর সংরচনাতে বা গঠন-বিন্যাসে দুইটি অংশের কল্পনা করা হয়। একটি অংশ অণুর বহিঃমণ্ডল (outer or secondary sphere) এবং অপরটি উহার অন্তঃমণ্ডল (inner or primary sphere)।

অন্তঃমণ্ডলটিই যৌগের জটিল আয়ন। এই অন্তঃমণ্ডলের কেন্দ্রে একটি ধাতব আয়ন থাকে। এই কেন্দ্রের চতুষ্পার্শে উহার গৌণযোজ্যতার দ্বারা সংযুক্ত থাকে সবর্গাঙ্ক-সংখ্যক অণু বা আয়ন। এই অণু বা আয়নগুলি কেন্দ্রের সঙ্গে ঘনিষ্ঠভাবে আসঞ্জিত বা সংলগ্ন হইয়া থাকে এবং উহারা কেন্দ্র হইতে বিচ্যুত হইয়া আয়নিত হইতে পারে না।

যে সকল অণু বা আয়ন (বা মূলক) এইভাবে কেন্দ্রের সঙ্গে সংলগ্ন থাকে তাহাদের বলা হয় 'সংলগ্নক বা লিগাণ্ড' (Ligand)। (বর্তমানে 'লিগাণ্ড' নামই বহুল প্রচারিত, সুতরাং এখানে আমরা ইহাদের লিগাণ্ড-ই বলিব।) এখন অবশ্য জানা গিয়াছে, লিগাণ্ডগুলি কেন্দ্রকে যুগ্ম-ইলেকট্রন প্রদান করিয়া যুক্ত হয়, অর্থাৎ কেন্দ্রের সঙ্গে সবর্গ বা অসম-যোজ্যতার সৃষ্টি করে, তাই আয়নিত হইতে পারে না।

কেন্দ্রের সঙ্গে লিগাণ্ডগুলির সংযুক্তির পর জটিল আয়নের একটি নীট যোজ্যতা হইবে। লিগাণ্ডের এবং কেন্দ্রীয় আয়নের আধানের বীজগাণিতিক সমষ্টিই এই নীট যোজ্যতা। এই যোজ্যতা অনুসারে জটিল আয়নটি বিপরীত-ধর্মী আয়নের সঙ্গে মুখ্যযোজ্যতার বা আয়নীয় যোজ্যতার দ্বারা আবদ্ধ হয়। ইহাদের স্থান বহিঃমণ্ডলে, অর্থাৎ অন্তঃমণ্ডলের সীমার বাহিরে। বহিঃমণ্ডলের আয়নগুলি অবশ্যই বিয়োজিত হইয়া আয়ন সৃষ্টি করে। এই দুই মণ্ডলকে বুঝাইবার জন্য জটিল আয়নটিকে [ ] এইরূপ একটি বন্ধনীর মধ্যে রাখিয়া প্রকাশ করা হয়। উদাহরণঃ

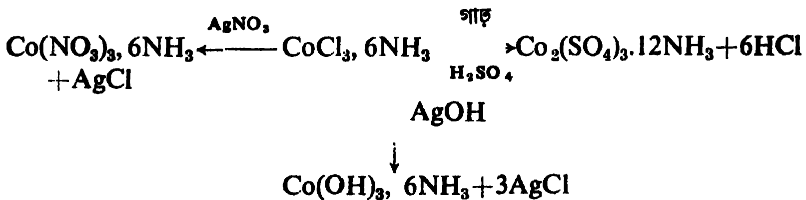


| | আধান | বিয়োজন |
|---|---|---|
| $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ (অন্তঃ বহিঃ) | $Co(NH_3)_6 = +3+0 = +3$ | $[Co(NH_3)_6]Cl_3 \rightleftharpoons Co(NH_3)_6^{+++} + 3Cl^-$ |
| $K_2[PtCl_6]$ (বহিঃ অন্তঃ) | $PtCl_6 = +4-6 = -2,$ | $K_2[PtCl_6] \rightleftharpoons 2K^+ + PtCl_6^{--}$ |
| $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl$ (অন্তঃ বহিঃ) | $Cr(H_2O)_4Cl_2 = +3+4\times0 -2 = +1,$ | $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl = Cr(H_2O)_4Cl_2^+ + Cl^-$ |

শেষোক্ত যৌগের জটিল আয়নের অন্তঃমণ্ডলের ক্লোরিন দুইটি আয়নিত হইবে না। বহিঃমণ্ডলের ক্লোরিন অবশ্যই আয়নিত হইবে।

(ঙ) গৌণ যোজ্যতাগুলি জটিল আয়নের কেন্দ্রের চতুর্দিকে সমভাবে প্রসারিত এবং নির্দেশিত থাকে। সবর্গাঙ্ক ছয় হইলে লিগাণ্ডগুলি একটি সুষম ষটকোণীয় আকারে অথবা অক্টাহেড্রাল রূপে বিস্তারিত হয়। আর সবর্গাঙ্ক যদি চার হয় তবে লিগাণ্ডগুলি একই সমতলে থাকে কিংবা একটি চতুষ্ফলকীয় প্রিজমের কোণে অবস্থিত থাকে।

**ভার্ণারের তত্ত্বের প্রমাণ:** ভার্ণার তাঁহার তত্ত্বটির যাথার্থ্য প্রমাণ করার জন্য কোবাল্ট-অ্যামিনের বিক্রিয়ার আলোচনা করেন। Co(II) লবণ অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণের উপস্থিতিতে অক্সিজেনদ্বারা জারিত হইয়া Co(III) লবণে পরিণত হয়। যেমন, লুটিয়ো-কোবাল্টিক ক্লোরাইড (luteocobaltic chloride) $CoCl_3, 6NH_3$-এর বিভিন্ন বিক্রিয়াতে দেখা যায় উহার কোবাল্ট আয়ন ও ছয়টি অ্যামোনিয়ার যৌথমণ্ডলটি যথেষ্ট দৃঢ়:



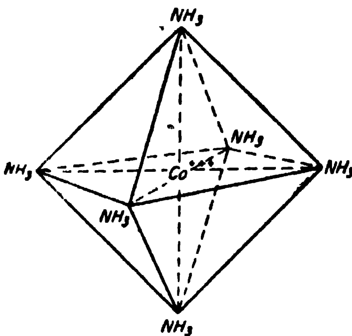
$$Co(NO_3)_3, 6NH_3 + AgCl \xleftarrow{AgNO_3} CoCl_3, 6NH_3 \xrightarrow[H_2SO_4]{\text{গাঢ়}} Co_2(SO_4)_3.12NH_3 + 6HCl$$

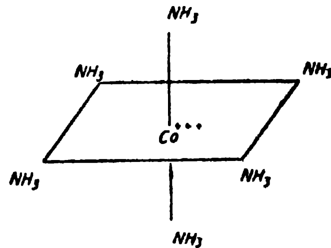
$$CoCl_3, 6NH_3 \xrightarrow{AgOH} Co(OH)_3, 6NH_3 + 3AgCl$$

বুঝা যাইতেছে (ক) $Co^{3+}$-এর মুখ্যযোজ্যতা 3, এবং সবর্গাঙ্ক, 6

(খ) সবর্গাঙ্ক 6-টি অ্যামোনিয়াদ্বারা বিধৃত এবং পরিতৃপ্ত; এবং উহাদের প্রতিস্থাপন সাধারণভাবে হয় না

(গ) $Co^{3+}$-এর সঙ্গে অ্যামোনিয়া অণুগুলি অন্তঃমণ্ডলে সজ্জিত হইয়া $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ জটিল-আয়ন গঠিত হইয়াছে




চিত্র ৭-ক। $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ আয়নের ষটকোণাকার গঠন

(ঘ) যৌগ আয়নটির আধানও 3+, অর্থাৎ উহা বহিঃমণ্ডলে আরও তিনটি $Cl^-$ আয়নকে ধরিয়া রাখে।

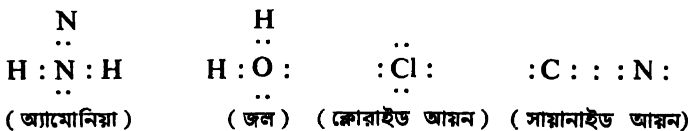
(ঙ) এইভাবে $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ সংকেত বিশিষ্ট যৌগটির আকার ষট্‌কোণাকার বা অক্‌টাহেড্রাল যাহার কেন্দ্রে থাকিবে $Co^{3+}$ আয়ন, ছয়টি কোণে থাকিবে ছয়টি $NH_3$-অণু। বাহিরের মণ্ডলে তিনটি ক্লোরাইড আয়ন থাকিবে (চিত্র ৭-ক)।

উল্লিখিত যৌগটির আয়নসংখ্যা চার। বস্তুতঃ ইহা ভার্ণারই আণব পরিবাহিতা (molecular conductivity) ও ভ্যান্ট্-হফ-গুণাঙ্ক (vant Hoff-coefficient) পরিমাপ করিয়া প্রমাণ করিতে সমর্থ হন। ভার্ণার এইভাবে রোসিও-কোবাল্টিক ক্লোরাইড (roseo cobaltic chloride) $CoCl_3.5NH_3.H_2O$ ও পারপিউরিও কোবাল্টিক ক্লোরাইড (purpureo cobaltic cloride) $CoCl_3.5NH_3$ প্রস্তুত করিয়া তাঁহার তত্ত্বদ্বারা দেখান যে উহাদের সংকেত হইবে যথাক্রমে $[Co(NH_3)_5(H_2O)]Cl_3$ ও $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$.

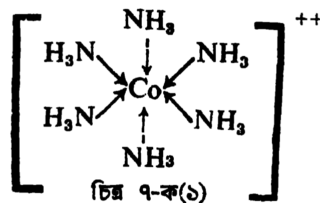
**ভার্ণারের তত্ত্বের ত্রুটি:** ভার্ণারের মতে জটিল যৌগ গঠনকালে মুখ্য ও গৌণ—এই দুই প্রকার যোজ্যতা ব্যবহৃত হয়, তাহাছাড়া মুখ্যযোজ্যতা পূর্ণ হওয়ার পরে গৌণযোজ্যতার প্রশ্ন উঠে। কিন্তু জটিল আয়নের অভ্যন্তরে এই দুই প্রকার যোজ্যতা পৃথক করা যায় না। তেজস্ক্রিয় আয়োডিন ($I^{131}$) দ্বারা $[HgI_4]^{--}$, $[PbI_4]^{--}$, $[BiI_4]^-$ ইত্যাদি জটিল যৌগের সমযোজ্যতা ও সবর্গ-যোজ্যতাদ্বারা প্রায় সমস্ত আয়োডিনকে স্থানান্তরিত করা গিয়াছে। তাহাছাড়া $K_2[PtCl_6]$ যৌগে $[PtCl_6]^{--}$ আয়ন গঠনে চারটি ক্লোরিন দ্বারা $Pt^{4+}$-আয়নের চারটি মুখ্যযোজ্যতা সংপৃক্ত হইয়াছে এবং অপর দুইটি ক্লোরিন সবর্গ-যোজ্যতাদ্বারা সংযুক্ত। কিন্তু ক্লোরিনের এই দুই রকম বন্ধনে কোন তারতম্য দেখা যায় না। ইহা ভার্ণারের মতের একটি ত্রুটি মনে করা যাইতে পারে।

## ৭-৩। ভার্ণারের যৌগের ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা।

সিজউইক ও লাউরীর ইলেকট্রনীয় মতবাদদ্বারা ভার্ণারের যৌগসমূহের ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে। দেখা গিয়াছে, যে সমস্ত লিগাণ্ড অণু বা আয়ন-সমূহ ধাতুর সহিত সবর্গ-যৌগ উৎপন্ন করে তাহাদের অন্ততঃ একটি সঙ্গীহীন বা অনাবদ্ধ ইলেকট্রন জোড় (lone pair of electrons) থাকে। যেমন,




এই ইলেকট্রনজোড়ের মাধ্যমেই কেন্দ্রীয় ধাতু পরমাণুর সহিত সবর্গ-যোজ্যতা বা অর্ধ-মেরুক (semipolar) বন্ধতা প্রকাশ পায়। অর্থাৎ লিগাণ্ডগুলি 'দাতা' ও ধাতু পরমাণুটি 'গ্রহীতা'র কাজ করে। সিজউইক বলেন, স্থায়ী ভার্ণার-যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে ধাতু পরমাণু 'কার্যকরী পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক' (effective atomic number) বা E.A.N. অর্থাৎ



চিত্র ৭-ক(১)

নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনবিন্যাস অধিকার করিতে চায়। উদাহরণস্বরূপ, $[Co(NH_3)_6]^{+++}$-এর ক্ষেত্রে $Co^{+++}(24)$ আয়ন 6টি অ্যামোনিয়া অণু হইতে 12টি

ইলেকট্রন লইয়া EAN = 24 + 12 = 36(Kr কাঠামো) পূর্ণ করে। তাই $[Co(NH_3)_6]^{+++}$-কে চিত্র ৭-ক (১)-এর মত লেখা যায়। নীচে আরও কয়েকটি জটিল আয়নের EAN কিরূপ হইবে তাহা দেখান হইল:

| ধাতুর পাঃক্রঃ | ধাতুর আয়নিক অবস্থা | ধাতুর সবর্গাঙ্ক | EAN | জটিল আয়ন |
|---|---|---|---|---|
| 26 | $Fe^{++}$ | 6 | 36(Kr) | $[Fe(CN)_6]^{-4}$ |
| 29 | $Cu^{+}$ | 4 | 36(Kr) | $[Cu(CN)_4]^{-3}$ |
| 78 | $Pt^{++++}$ | 6 | 86(Rn) | $[PtCl_6]^{-2}$ |

অবশ্য কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা সম্পূর্ণ প্রযোজ্য নয়; যথা $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$ (35)। যাহা হউক, উল্লিখিত উদাহরণগুলি হইতে ইহাই প্রতীয়মান হয় যে ধাতব-আয়ন বা পরমাণু যখন লিগাণ্ডের সহিত জটিল আয়ন গঠন করিবে তখন কেন্দ্রে প্রচুর ঋণাত্মক আধান জমা হইবে। কিন্তু উহা সাধারণভাবে যুক্তিসহ নহে। এই জন্য পাউলিং (1948) ধাতু ও লিগাণ্ডের মধ্যের বন্ধতাকে আয়নীয় ও সম-যোজ্যতার সংস্পন্দনদ্বারা ব্যাখ্যা করিয়াছেন। তাঁহার মতে জটিল যৌগে গ্রহীতা ধাতব পরমাণু (যেমন, সন্ধিগত মৌল পরমাণু) ও দাতা লিগাণ্ড অণু উভয়েরই তড়িৎ-ঋণাত্মকতায় (electronegetivity) যথেষ্ট পার্থক্য বর্তমান। তাহার ফলে, কেন্দ্রীয় ধাতু পারমাণুর আয়ন লিগাণ্ড অণু যেমন, $H_2O, NH_3$ ইত্যাদি যুগ্মমেরুর (dipole) ধ্রুবণের (polarization) জন্য একটি বৃহৎ জটিল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন সৃষ্টি করিতে পারে। অবশ্য আধুনিক কালে কোয়ান্টাম-তত্ত্বের সাহায্যে এই প্রকার বন্ধতার ব্যাখ্যা সম্ভব।

আবার অনেক সময় কেন্দ্রের ধাতব আয়নের পরাধর্মী আধানের এবং ধ্রুবিত অণুর (যথা, $H_2O$) না-ধর্মী মেরুর পারস্পরিক বৈদ্যুতিক আকর্ষণজনিত বলের জন্যও ঐসকল অণু কেন্দ্রের চারিদিকে আকৃষ্ট হইয়া জটিল আয়ন সৃষ্টি করে, যেমন, $[Al(H_2O)_6]^{+++}$.

### ৭-৪। জটিল যৌগের গঠনের কারক এবং উহাদের স্থায়িত্ব নির্ধারক।

জটিল আয়নের সৃষ্টি এবং উহার স্থায়িত্ব নানাঅবস্থা এবং কারকের উপর নির্ভর করে। ইহার সংক্ষিপ্ত বিবৃতি দেওয়া হইল।

(ক) **গাঢ়ত্ব:** অনেক জটিল-যৌগ কঠিন অবস্থায় বেশ স্থায়ী কিন্তু দ্রাবিত করিলে উহার পরিবর্তন আরম্ভ হয় এবং লঘুদ্রবণে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়। যেমন, কঠিন অবস্থায় $(CuCl_4)^{--}$ আয়নটি হলুদ কিন্তু লঘুদ্রবণে উহা বিয়োজিত হইয়া $[Cu(H_2O)_4]^{++}$ নীল হইয়া যায়। সেইরূপ $[Co(CNS)_4]^{--}$-এর ক্ষেত্রেও লঘুদ্রবণে,

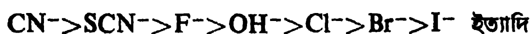


$$Co(CNS)_4^{--} + 6H_2O \rightarrow Co(H_2O)_6^{++} + 4CNS^-$$

(খ) **ধাতব আয়নের প্রকৃতি:** সন্ধিগত মৌলের ক্যাটায়ন কেন্দ্রে থাকিলে জটিল আয়নের স্থায়িত্ব অধিক হয়। অন্যান্য ক্যাটায়নের তত ক্ষমতা নাই। সন্ধিগত মৌলের ক্যাটায়নের অপেক্ষাকৃত ছোট আকার এবং বেশী আধান এই স্থায়িত্ব আনে।

(গ) **লিগাণ্ডের প্রকৃতি:** লিগাণ্ড অনাবদ্ধ ইলেকট্রন-যুগলের সাহায্যে কেন্দ্রের ধাতব-আয়নের সঙ্গে সংযুক্ত হয়। এই সবর্গ-সমযোজ্যতায় সমস্ত লিগাণ্ড এক রকম দৃঢ়তা

দেখায় না। অর্থাৎ লিগাণ্ডের উপরেও সবর্গ-যৌগের গঠন নির্ভর করে। বিভিন্ন লিগাণ্ডের বদ্ধতার স্থায়িত্বের অনুক্রমটি মোটামুটি নিম্নরূপ :



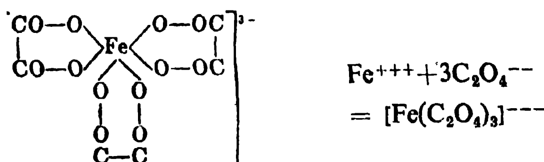
$$CN^- > SCN^- > F^- > OH^- > Cl^- > Br^- > I^-$$ ইত্যাদি

(ঘ) **তাপ এবং চাপের প্রভাব :** লিগাণ্ড যদি সহজে উদ্বায়ী কোন অণু হয়, তাহা হইলে উচ্চতর তাপমাত্রায় বা নিম্নতর চাপে অনেক সময় জটিল আয়নের বিভাজন ঘটে। যেমন, 210°C উষ্ণতায় $[Cr(en)_3]Cl_3$ যৌগ ভাঙিয়া, একটি ইথিলীন-ডাই-অ্যামিন (en) বাহির হইয়া যায় :



$$[Cr(en)_3]Cl_3 \rightarrow [Cr(en)_2Cl_2]Cl + en$$

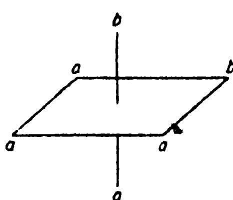
(ঙ) **লিগাণ্ডের সম্পৃক্তি-করণ শক্তি :** যদি লিগাণ্ডের একটি অণু কেন্দ্রের একাধিক গৌণ যোজ্যতাকে পূর্ণ করে বা সম্পৃক্ত করে, তাহা হইলে সেই সব জটিল যৌগের স্থায়িত্ব অনেক বেশী হয়। যেমন, $Fe^{+++}$ আয়নের অক্সালেটের সঙ্গে স্থায়ীজটিল গঠন :



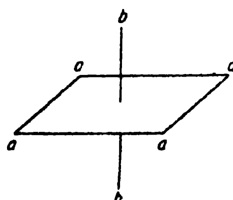
$$Fe^{+++} + 3C_2O_4^{--} = [Fe(C_2O_4)_3]^{---}$$

চিত্র ৭-খ। ফেরিক অক্সালেটের জটিল আয়ন

৭-৫। সবর্গ-যৌগের সম-অবয়বতা (Isomerism)। একই আণবিক সংকেতযুক্ত বিভিন্ন পদার্থ হইতে পারে এবং উহাদের ধর্মও পৃথক। এই রকম পদার্থগুলিকে বলা হয় সমযোগী বা সম-অবয়বী যৌগ (isomers)। সমাবয়বী পদার্থের অণুতে পরমাণুর প্রতি-বিন্যাস অবশ্যই বিভিন্ন। ভার্ণার দেখাইয়া ছিলেন যে, $(Ma_4b_2)$-জাতীয় জটিল ষট্‌কোণী আয়নের দুই রকম প্রতিবিন্যাস সম্ভব এবং দুইটি সমাবয়বী যৌগ পাওয়া যাইবে ;




(cis)



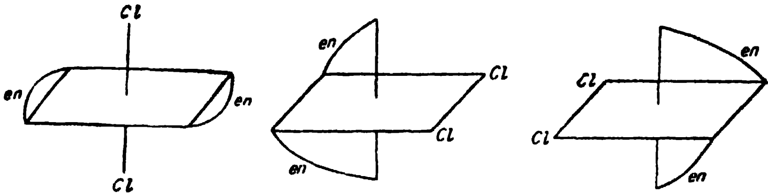

(trans)

মনে রাখিতে হইবে সব কোণই একরকমের

চিত্র ৭-গ। $Ma_4b_2$-এর সম-অবয়বতা

অর্থাৎ দুইটি b-লিগাণ্ড একক্ষেত্রে ষট্‌কোণীর একই পার্শ্বে (Cis) আবার অপরক্ষেত্রে বিপরীত পার্শ্বে (trans) অবস্থিত। ইহারা বস্তুতঃ 'জ্যামিতিক সমাবয়বী' (geometrical isomers)। আবার Cis -সমাবয়বীটি দুই রকম ভাবে থাকিতে পারে, যাহাতে একে

অপরের প্রতিচ্ছবি হইবে। যেমন, $[Co(en)_2Cl_2]^+$ জটিল আয়নের দুইটি Cis-প্রকার হইবে :




চিত্র ৭-ঘ। $[Co(en)_2Cl_2]^+$-এর বিভিন্ন সম-অবয়বী যৌগ

এই রকম Cis-যৌগের যুগল আলোক-সক্রিয় (optically active) হয়। পরীক্ষায় তাহাও প্রমাণিত হইয়াছে। একটি দক্ষিণাবর্ত (dextro) অপরটি বামাবর্ত (laevo), সমপরিমাণে দুইটি মিশ্রিত থাকিলে আলোকসক্রিয়তা লোপ পায়।

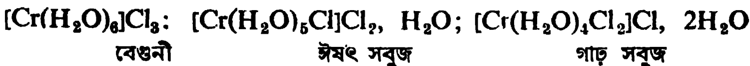
জ্যামিতিক সমাবয়বতা ছাড়াও অন্যান্য ধরনের সমাবয়বতা জটিল যৌগে দেখা যায় ; যথা,

(ক) **আয়নীয় সমাবয়বতা** (Ionisation isomerism) : কোন কোন ক্ষেত্রে অন্তঃ-মণ্ডলীর লিগাণ্ড এবং বহিঃমণ্ডলীর আয়নের ভিতরে স্থান পরিবর্তন হেতু বিভিন্ন সমাবয়বী পদার্থের সৃষ্টি হয় ; যথা,



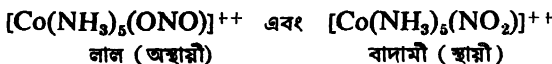
$[Co(NH_3)_5Br]SO_4$ ও $[Co(NH_3)_5SO_4]Br$
বেগুনী লালচে বেগুনী

(খ) **জলীয় সমাবয়বতা** (Hydrate isomerism) : যখন জটিল আয়নে $H_2O$ লিগাণ্ড থাকে, তখন উহা বহিঃমণ্ডলে চলিয়া আসিয়া কখনও কখনও সমাবয়বী যৌগ গঠন করিয়া থাকে ; যথা,



$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ : $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2, H_2O$ ; $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl, 2H_2O$
বেগুনী ঈষৎ সবুজ গাঢ় সবুজ

(গ) **লাবণিক সমাবয়বতা** (salt isomerism) : জটিল আয়নে একই অ্যানায়ন বিভিন্নভাবে কেন্দ্রের ধাতব আয়নের সঙ্গে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন পদার্থের সৃষ্টি করে। যেমন, $NO_2^-$ লিগাণ্ড $-O\text{-}N=O$ অথবা $-N\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow O\end{smallmatrix}$ এই দুইভাবে যুক্ত হইতে পারে :

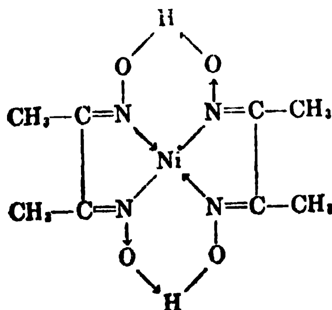


$[Co(NH_3)_5(ONO)]^{++}$ এবং $[Co(NH_3)_5(NO_2)]^{++}$
লাল (অস্থায়ী) বাদামী (স্থায়ী)

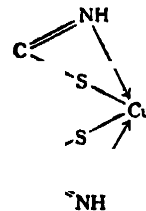
(ঘ) **সবর্গীয় সমাবয়বতা** (co-ordination isomerism) : কখনও পরা- এবং অপরাধর্মী দুইটি জটিল আয়ন একত্র হইয়া যৌগ উৎপাদন করে। এই রকম ক্ষেত্রে একটির লিগাণ্ড অপরটিতে গেলে সমাবয়বতা হইয়া থাকে ; যেমন, $[Co(NH_3)_6][Cr(CN)_6]$ এবং $[Cr(NH_3)_6][Co(CN)_6]$

এমন কি, দুইটি জটিল আয়নের কেন্দ্রস্থ ধাতব আয়ন এক হইলেও সমাবয়বতা হয়; যেমন, $[Cr(NH_3)_6][Cr(CNS)_6]$ এবং $[Cr(NH_3)_4(CNS)_2][Cr(NH_3)_2(CNS)_4]$

**৭-৬। চিলেট যৌগ (Chelate compounds)।** অনেক জৈব অণু বা আয়ন যখন ধাতব আয়নের সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে তখন জৈব অণুর সহিত ধাতব আয়নটি একাধিক যোজ্যতাদ্বারা সংযুক্ত হয়। ফলে ধাতব আয়নসহ একটি বৃত্তাকার বিন্যাস ঘটে। এই বৃত্তে প্রায়ই পাঁচটি যোজক দেখা যায়। যে যোজ্যতার দ্বারা ধাতব আয়ন যুক্ত হয় সেইগুলি অবশ্যই সমযোজ্যতা বা সবর্গ-সমযোজ্যতা অথবা উভয়ই। জৈবঅণুর N, O, প্রভৃতির অনাবদ্ধ ইলেকট্রনজোড় ধাতব অণু গ্রহণ করে। প্রায়ই ধাতব আয়নটির যোজ্যতা এইভাবে সম্পূর্ণ সম্পৃক্ত হইয়া পড়ে এবং একাধিক বৃত্ত-বিশিষ্ট জটিল-অণুর সৃষ্টি হয়। নিকেলের ডাই-মিথাইল গ্লাই-অক্সিম, কপারের রুবিয়ানিক যৌগ চিলেট যৌগের সাধারণ উদাহরণ।



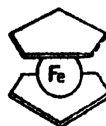

চিত্র ৭-৬। নিকেল-গ্লাই-অক্সিম




চিত্র ৭-চ। কপার-রুবিয়ানেট

এই সকল চিলেট-যৌগ বেশ স্থায়ী। নানারকম বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ইহাদের প্রচুর ব্যবহার আছে।

**স্যাণ্ডউইচ-জটিল-যৌগ:** কোন কোন সন্ধিগত মৌলের অণু সবর্গ-যোজ্যতার দ্বারা জটিল আয়ন সৃষ্টি না করিয়া দুইটি বৃত্তাকার কার্বন যৌগের মধ্যের অবকাশে বিধৃত হইয়া থাকে, যেমন, ফেরোসিনে (Ferrocene)। উহার সংরচনা,




চিত্র ৭-ছ। ফেরোসিন যৌগ

ইহাদের বলা হয় 'স্যাণ্ডউইচ' যৌগ।

পরিচ্ছেদ ৮

# পর্যায় সারণী

**৮-১। পর্যায় সারণীর গোড়ার কথা।** উনিশ শতকে যে সমস্ত মৌল জানা ছিল, উহাদের অনেকের মধ্যেই পরস্পরের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য দেখা গিয়াছিল। এই সাদৃশ্যকে ভিত্তি করিয়া স্বভাবতঃই উহাদের শ্রেণীবদ্ধ করার বিভিন্ন প্রচেষ্টাও হইয়াছিল। যাঁহারা এই দিকে অগ্রণী হইয়াছিলেন, তাঁহাদের মধ্যে ডোবারিণার (1817), স্যান্কো-টরিস (1852), নিউল্যাণ্ড (1864), মেণ্ডেলিফ (1869), লোথারমেয়ার (1870) সমধিক প্রসিদ্ধ। যদিও লোথারমেয়ার এবং মেণ্ডেলিফ পৃথক ও নিরপেক্ষভাবে মৌলসমূহকে শ্রেণীবদ্ধ করিয়া পর্যায়সূত্র আবিষ্কার করেন, তথাপি মেণ্ডেলিফকেই পর্যায়সূত্র ও পর্যায়-সারণীর জনক বলা যাইতে পারে। মেণ্ডেলিফ বলেন, "যদি ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্ব অনুসারে মৌলগুলিকে সাজান হয়, তবে নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর মৌলগুলির একই রকম রাসায়নিক ধর্মের বিকাশ ঘটে। অর্থাৎ, **পারমাণবিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সঙ্গে পর্যায়ক্রমে মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্ম আবর্তিত হয়।**" তাই বলা যায়, পারমাণবিক গুরুত্ব যদিও ক্রমাগত বাড়িতে থাকে, কিন্তু নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর মৌলের ভিতরে আবার পুরাতন ধর্মের প্রকাশ দেখা যায়। ইহাকেই **মেণ্ডেলিফের পর্যায়সূত্র** বলা হয়।

এই সূত্র অনুসারে মৌলগুলিকে পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী আনুভূমিক ক্ষেত্রে সাজাইয়া মেণ্ডেলিফ একটি সারণী তৈয়ার করেন। এই পরিবিন্যাসের সময় সদৃশ মৌলগুলিকে লম্বভাবে পরস্পরের নীচে বসান হইল। ইহার ফলে এই সারণীতে কতকগুলি আনু-ভূমিক এবং কতকগুলি লম্বপংক্তির সৃষ্টি হইল। ইহাই মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী (চিত্র ৮-ক)।

উল্লিখিত পর্যায় সারণী লইয়া একটু আলোচনা করা যাইতে পারে। হাইড্রোজেনকে আপাততঃ না ধরিয়া, লিথিয়াম হইতে শুরু করিয়া মৌলগুলি সাজাইলে প্রথম আনুভূমিক পংক্তিতে পাওয়া যায়:

Li  Be  B  C  N  O  F

ফ্লুরিনের পর পারমাণবিক ওজন অনুসারে আসে সোডিয়াম এবং তাহাকে লিথিয়ামের নীচে রাখিলে একই ধর্মবিশিষ্ট দুইটি মৌল একই লম্ব সারিতে আসে। এইরূপে পরবর্তী আনুভূমিক পংক্তিতে পাওয়া যায়:

Na  Mg  Al  Si  P  S  Cl

এখানেও পর পর মৌলগুলির ধর্ম উহাদের উপরে অবস্থিত পূর্ব-পংক্তির মৌলগুলির ধর্মের পুনরাবৃত্তিমাত্র।

এইভাবে সমস্ত মৌলগুলিকে সাজাইয়া মেণ্ডেলিফ দেখেন যে উহারা কতকগুলি আনুভূমিক পংক্তিতে আর কতকগুলি লম্ব পংক্তিতে আসে। তিনি আনুভূমিক পংক্তি-গুলিকে 'পর্যায়' (Period) এবং লম্ব পংক্তিগুলিকে 'শ্রেণী' (Group) নামে অভিহিত করেন।

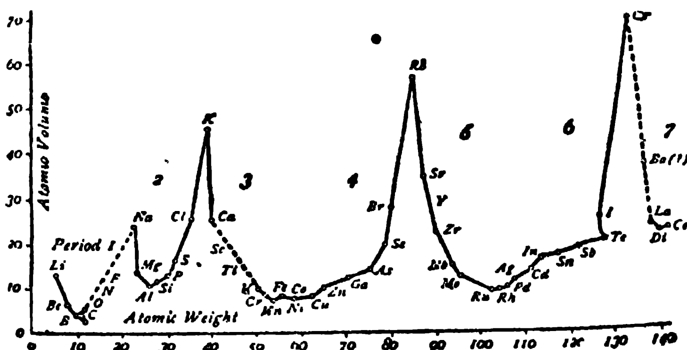
৮-ক। মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী

| শ্রেণী→ পর্যায় | I $R_2O$ | II RO | III $R_2O_3$ | IV $RH_4$ $RO_2$ | V $RH_3$ $R_2O_5$ | VI $RH_2$ $RO_3$ | VII RH $R_2O_7$ | VIII $RO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H = 1 | | | | | | | |
| 2 | Li = 7 | Be = 9.4 | B = 11 | C = 12 | N = 14 | O = 16 | F = 19 | |
| 3 | Na = 23 | Mg = 24 | Al = 27.3 | Si = 28 | P = 31 | S = 32 | Cl = 35.5 | |
| 4 | K = 39 | Ca = 40 | —* = 44 | Ti = 48 | V = 51 | Cr = 52 | Mn = 55 | Fe = 56, Co = 59 Ni = 59, Cu = 63 |
| 5 | (Cu=63) | Zn = 65 | — = 68 | — = 72 | As = 75 | Se = 78 | Br = 80 | |
| 6 | Rb = 85 | Sr = 87 | ?Y=88 | Zr = 90 | Nb = 94 | Mo = 96 | — = 100 | Ru = 194, Rh = 104 Pd = 106, Ag = 108 |
| 7 | (Ag=108) | Cd = 112 | In = 113 | Sn=118 | Sb = 122 | Te = 125 | I = 127 | |
| 8 | Cs = 133 | Ba = 137 | ?Di = 138 | ?Ce = 140 | ...* | ... | ... | ... |
| 9 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | | ... ... |
| 10 | ... | ... | ?Er = 178 | ?La = 180 | Ta = 182 | W = 184 | ... | Os = 195, In = 197 Pt = 198, Au = 199 |
| 11 | (Au=199) | Hg =200 | Tl = 204 | Pb = 207 | Bi = 208 | ... | ... | |
| 12 | ... | ... | ... | Th = 231 | ... | U = 240 | ... | ... |

শ্রেণীগুলিকে রোমান সংখ্যা I হইতে VIII পর্যন্ত চিহ্নিত করেন। প্রত্যেক পর্যায়ে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্ম বিভিন্ন হয় এবং উহাদের ধর্ম পারমাণবিক ওজনের সহিত নিয়মিত ভাবে পরিবর্তিত হয়। কিন্তু প্রত্যেক শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্মের ভিতর প্রবল সাদৃশ্য দৃষ্ট হয়; আর উহাদের রাসায়নিক ধর্ম ও যোজ্যতাও একই জাতীয় হয়। এইরূপে মেণ্ডেলিফ সদৃশ গুণসম্পন্ন মৌলের আবর্তন ব্যাখ্যা করেন। হাইড্রোজেনের প্রকৃতি নানা দিক হইতে স্বতন্ত্র বলিয়া মেণ্ডেলিফ উহাকে প্রথম পর্যায়ে স্থান দেন এবং ইউরেনিয়াম পর্যন্ত সকল মৌলের স্থান পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী নির্দেশ করেন। (তখন অবশ্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ জানা ছিল না)। আরও মৌল যখন জানা গেল তখন পর্যায়গুলি দীর্ঘ হইল এবং একই শ্রেণীতে পর্যায়ের দুইটি মৌলের স্থান দেওয়ার প্রয়োজন দেখা দিল, যেমন, K এবং Cu। সুতরাং শ্রেণীগুলিকে দুইটি উপশ্রেণীতে (A এবং B) বিভক্ত করিয়া মেণ্ডেলিফের সারণীকে সংশোধিত এবং উন্নত করা হইল। এই পরিবিন্যাসের সময় প্রধানতঃ মৌলগুলির যোজ্যতাই সাদৃশ্যের মাপকাঠি বলিয়া গৃহীত হইয়াছিল (চিত্র ৮-গ, ক্রমাঙ্ক অনুসারে সজ্জিত)।

যাহা হউক, পর্যায় সারণীতে মৌলের ধর্মের আবর্তন পারমাণবিক গুরুত্বের সহিত কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহার কিছু কিছু বৈশিষ্ট্য আলোচনা করা হইতেছে।

**৮-২। পর্যায় সারণীর বৈশিষ্ট্য।** পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করার ফলে সমস্ত রসায়ন বিজ্ঞানের একটি চিত্র অতি সহজে ধারণা করা সম্ভব হইয়াছে। এই সারণী হইতে যে কেবলমাত্র মৌলগুলির প্রকৃতি ও ধর্ম জানা যায়, তাহাই নহে; পরন্তু উহাদের যৌগগুলির ধর্ম ও গুণাগুণ সম্বন্ধে জ্ঞাত হওয়া যায়। যেমন, পঞ্চম শ্রেণীর ফসফরাসের সঙ্গে বিসমাথের সাদৃশ্য যেমন জানা যায়, তেমনি ফসফরাসের সহিত প্রথম শ্রেণীর সোডিয়াম কিংবা সপ্তম শ্রেণীর ব্রোমিনের সঙ্গে বৈষম্যও উপলব্ধি হয়।




চিত্র ৮-খ। লোথারমেয়ার লেখ

পর্যায়গত বিভাগে মৌলগুলির সমস্ত ধর্মের আবর্তন মোটামুটি একই রকমের হইয়া থাকে। নীচের দুই একটি দৃষ্টান্ত দেখিলে বোঝা যাইবে। (ক) পারমাণবিক আয়তন:

৮-গ। মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী (সংশোধিত)

| শ্রেণী→ পর্যায় | 0 | I A | I B | II A | II B | III A | III B | IV A | IV B | V A | V B | VI A | VI B | VII A | VII B | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | H 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | He 2 | Li 3 | | Be 4 | | | B 5 | | C 6 | | N 7 | | O 8 | | F 9 | |
| 3 | Ne 10 | Na 11 | | Mg 12 | | | Al 13 | | Si 14 | | P 15 | | S 16 | | Cl 17 | |
| 4 | A 18 | K 19 | | Ca 20 | | Sc 21 | | Ti 22 | | V 23 | | Cr 24 | | Mn 25 | | Fe 26 Co 27 Ni 28 |
| | | | Cu 29 | | Zn 30 | | Ga 31 | | Ge 32 | | As 33 | | Se 43 | | Br 35 | |
| 5 | Kr 36 | Rb 37 | | Sr 38 | | Y 39 | | Zr 40 | | Nb 41 | | Mo 42 | | Tc 43 | | Ru 44 Rh 45 Pd 46 |
| | | | Ag 47 | | Cd 48 | | In 49 | | Sn 50 | | Sb 51 | | Te 52 | | I 53 | |
| 6 | Xe 54 | Cs 55 | | Ba 56 | | La* 57-71 | | Hf 72 | | Ta 73 | | W 74 | | Re 75 | | Os 76 Ir 77 Pt 78 |
| | | | Au 79 | | Hg 80 | | Tl 81 | | Pb 82 | | Bi 83 | | Po 84 | | At 85 | |
| 7 | Rn 86 | Fr 87 | | Ra 88 | | | Ac** 89-103 | | | | | | | | | |

বিরলমৃত্তিক মৌলশ্রেণী

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Lanthanide series | Ce 58 | Pr 59 | Nd 60 | Pm 61 | Sm 62 | Eu 63 | Gd 64 | Tb 65 | Dy 66 | Ho 67 | Er 68 | Tm 69 | Yb 70 | Lu 70 |
| **Actinide series | Th 90 | Pa 91 | U 92 | Np 93 | Pu 94 | Am 95 | Cm 96 | Bk 97 | Cf 98 | En 99 | Fm 100 | Mv 101 | No 102 | Lw 103 |

সাধারণতঃ যে সকল মৌলের সক্রিয়তা সমধিক তাহাদের আয়তনও বড়। লোথার-মেয়ারই প্রথম দেখান, মৌলগুলির পাঃ আয়তন উহাদের পাঃ গুরুত্বের সহিত পর্যায়ক্রমে পরিবর্তনশীল। ৮-খ চিত্রের বহুশীর্ষ তরঙ্গিত অসরল লেখটি হইতে ইহা স্পষ্টই বুঝা যায়, পাঃ গুরুত্বের সঙ্গে পাঃ আয়তনের আবর্তন হয়।

মৌলগুলির অন্যান্য ধর্ম, যেমন তাপ-পরিবাহিতা, বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা, প্রসার্যতা, উদ্বায়িতা, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, তাপ-প্রসারাঙ্ক, চৌম্বক-গ্রাহিতা, ঘাতসহতা, আবর্তনশীল। প্রায় সমস্ত ধর্মেরই এই পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি একটা দৈব বা আকস্মিক ঘটনা হইতে পারে না।

(খ) তাড়িৎ রাসায়নিক ধর্ম: পর্যায় সারণীতে দেখা যায়—ডানদিকের মৌলগুলি অপরাবিদ্যুৎবাহী অর্থাৎ ঋণাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে। আর বাঁদিকের মৌলগুলি পরা-বিদ্যুৎবাহী অর্থাৎ ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে। যে কোন পর্যায়ে প্রথম শ্রেণী হইতে অগ্রসর হইলে পরাবিদ্যুৎগুণ কমিতে থাকে; চতুর্থ শ্রেণীতে আসিয়া উহা সর্বনিম্ন হয় এবং আরও অগ্রসর হইলে মৌলগুলির অপরাবিদ্যুৎগুণ প্রকাশ পায়। সপ্তম শ্রেণীর ফ্লুরিন, ক্লোরিন ইত্যাদিতে অপরাবিদ্যুৎ ধর্ম সর্বাধিক। প্রত্যেক পর্যায়েই এই একই আবর্তন লক্ষ্য করা যায়। উহাদের অক্সাইডের প্রকৃতিতেও একই তাড়িৎ-রাসায়নিক গুণ দেখা যায়।

| শ্রেণী— | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| মৌল— | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
| যোজ্যতা— | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| অক্সাইড— | $Na_2O$ | MgO | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | $Cl_2O_7$ |
| অক্সাইডের প্রকৃতি | তীব্র ক্ষার | ক্ষার | ক্ষার ও অম্ল উভ-প্রকৃতি | মৃদুঅম্ল | অম্ল | অম্ল | তীব্র অম্ল |
| হাইড্রাইড | NaH | — | — | $SiH_4$ | $PH_3$ | $SH_2$ | HCl |
| ক্লোরাইড | NaCl | $MgCl_2$ | $AlCl_3$ • | $SiCl_4$ | $PCl_3$ | — | — |

(গ) যোজ্যতা: মৌলগুলির পর্যায়গত বিভাগের সহিত উহাদের যোজ্যতার একটি বিশেষ সম্পর্ক এবং সামঞ্জস্য আছে। শ্রেণীগত অবস্থানদ্বারা সচরাচর মৌলের যোজ্যতা স্থির হয়। উপরের তালিকা হইতে ইহা সহজেই বোঝা যায় যে যোজ্যতাও আবর্তনশীল। যোজ্যতা যদি হাইড্রোজেন-সংযুক্তি দ্বারা মাপা হয় তবে এই যোজ্যতা প্রথম হইতে চতুর্থ-শ্রেণী পর্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তারপর কমিতে থাকে।

প্রকৃতপক্ষে এই পর্যায়-সারণী রসায়নশাস্ত্রের অধ্যয়ন অনেক সহজতর করিয়াছে। ইহার বহু উপযোগিতার কয়েকটি মাত্র এখানে উল্লিখিত হইল।

(ক) তৎকালীন জানা মৌলগুলি এবং পরে যেগুলি আবিষ্কৃত হইয়াছে, উহাদের এমন সুন্দরভাবে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে যে যেকোন মৌলের অবস্থান হইতেই মৌলের এবং উহার যৌগের ধর্মাবলী ও মোটামুটি প্রকৃতি জানা যায়।

(খ) তৎকালে যে সকল মৌল জানা ছিল সেগুলিকে মেণ্ডেলিফ পাঃ গুরুত্ব অনুসারে সাজাইতে গিয়া শ্রেণীগত মিল রাখার জন্য তাঁহার সারণীতে কতকগুলি শূন্যস্থান রাখিতে

বাধ্য হন। তিনি ভবিষ্যদ্বাণী করেন ভাবীকালে ঐসকল স্থানে শ্রেণীগত ধর্মবিশিষ্ট মৌলের আবিষ্কার হইবে। শুধু তাহাই নয়, সেই সব অনাবিষ্কৃত মৌলের কয়েকটির ধর্ম ও পাঃ গুরুত্ব কি হইবে তাহাও নির্দেশ করিয়া গিয়াছিলেন। মৌলগুলি আবিষ্কারের পরে তাহার ধারণা সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে। উদাহরণস্বরূপ, সিলিকনের নীচের অজ্ঞাত মৌলের কথা ধরা যাইতে পারে। মেণ্ডেলিফ উহাকে একা-সিলিকন্ নামে অভিহিত করেন এবং উহার ধর্মের সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। পরবর্তীকালে উহাকে উইঙ্কলার (1886) আবিষ্কার করেন এবং নাম হয় জার্মেনিয়াম। নীচে একাসিলিকনের সহিত জার্মেনিয়ামের ধর্মের তুলনা করিয়া মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণীর সত্যতা যাঁচাই করা হইল:

| একাসিলিকন (Es) | ধর্ম | জার্মেনিয়াম (Ge) |
|---|---|---|
| 72 | পারমাণবিক গুরুত্ব | 72.32 |
| 5.5 | আপেক্ষিক গুরুত্ব | 5.47 (20°C) |
| 13 ঘনসেমি. | পারমাণবিক আয়তন | 13.22 ঘনসেমি. |
| ধূসর | বর্ণ | ধূসর আভাযুক্ত সাদা |
| 0.073 | আপেক্ষিক তাপ | 0.076 |
| সাদা ধাতুর অক্সাইড $EsO_2$ গঠিত হইবে | বাতাসে উত্তপ্ত করার ফল | সাদা ধাতুর অক্সাইড $GeO_2$ গঠিত হয় |
| সামান্য | অম্লের ক্রিয়া | HCl-এ কোন ক্রিয়া হয় না |
| $EsO_2$-র সঙ্গে Na-দ্বারা বা $K_2EsF_6$-এর সঙ্গে Na-দ্বারা | ধাতু-প্রস্তুতি | $GeO_2$-র সঙ্গে C-দ্বারা বা $K_2GeF_6$-র সঙ্গে Na-দ্বারা |
| গলনরোধী, আঃ আয়তন 22 ঘন সে.মি. | অক্সাইডের ধর্ম | গলনরোধী, আঃ আয়তন 22.16 ঘন সে.মি. |
| স্ফুটনাঙ্ক, 100°C; আঃ আয়তন 113 ঘন সে.মি. | ক্লোরাইডের ধর্ম | স্ফুটনাঙ্ক 86°C; আঃ আয়তন 113.38 ঘন সে.মি. |

এইরূপে পর্যায় সারণী হইতে নূতন মৌল আবিষ্কারের প্রেরণা আসিয়াছে। এমন কি, যে সমস্ত মৌল প্রকৃতিতে পাওয়া যায় নাই, পরবর্তীকালে তাহাদিগকেও সংশ্লেষিত করিয়া মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর শূন্যস্থান পূর্ণ করা সম্ভব হইয়াছে। Tc, Pm, At, Fr—এই চারিটি মৌল যাহাদিগকে মেণ্ডেলিফ 'নিরুদ্দেশ মৌল' (missing elements) নামে অভিহিত করেন—তাহাদিগকে গবেষণাগারে প্রস্তুত করিয়া সহজেই পর্যায় সারণীতে স্থান দেওয়া গিয়াছে।

(গ) মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীর সাহায্যে অনেক মৌলের সন্দেহজনক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ভুলভাবে স্থির করা গিয়াছে। উদাহরণস্বরূপ বেরিলিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্বের কথা ধরা যাইতে পারে। উহার তুল্যাঙ্ক ভার হইল 4.5, অ্যালুমিনিয়ামের

সহিত কিছু রাসায়নিক সাদৃশ্য রহিয়াছে বলিয়া উহার যোজ্যতা অ্যালুমিনিয়ামের মত ধরিলে পারমাণবিক গুরুত্ব হয় $4.5 \times 3 = 13.5$, অর্থাৎ পর্যায় সারণীতে উহার স্থান হইবে কার্বন ও নাইট্রোজেনের মাঝে। কিন্তু ইহাতে সমস্ত সারণীটিই এলোমেলো হইয়া যায়। এজন্য মেণ্ডেলিফ বেরিলিয়ামের যোজ্যতা 2 ধরিয়া পারমাণবিক গুরুত্ব ($4.5 \times 2 = 9$) অনুসারে উহার স্থান দিলেন লিথিয়াম ও বোরণের মাঝে। ইহাতে রাসায়নিক সমতাও বজায় থাকে; কারণ নীচে অবস্থিত ম্যাগনেসিয়ামের সহিত বেরিলিয়ামের রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য রহিয়াছে। পরবর্তীকালে বিভিন্ন পরীক্ষাদ্বারা দেখা গিয়াছে বেরিলিয়ামের যোজ্যতা দুই—তিন নহে। এইভাবে মেণ্ডেলিফ ইণ্ডিয়াম ও গোল্ডের পারমাণবিক গুরুত্বও সংশোধন করেন।

প্রকৃতপক্ষে মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণী পরবর্তীকালে এক বিরাট গবেষণার ক্ষেত্র সম্প্রসারিত করিয়া দিয়াছে। তাই মেণ্ডেলিফের এই সারণীর কিছু কিছু ত্রুটিও ধরা পড়িয়াছে। যেমন,

(ক) পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির ক্রমানুযায়ী মৌলগুলিকে সাজাইলেও অন্ততঃ তিনটি ক্ষেত্রে শ্রেণীগত সাদৃশ্য বজায় রাখিতে গিয়া নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়; অর্থাৎ অধিকতর পারমানবিক গুরুত্ববিশিষ্ট মৌলকে কম পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট মৌলের পূর্বে বসান হইয়াছে। এইরূপে Ar(39.9)-কে K(39.1)-এর পূর্বে, Co(58.94)-কে Ni(58.69)-এর পূর্বে, Te(127.4)-কে I(126.63)-এর পূর্বে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

(খ) হাইড্রোজেনের স্থান লইয়া একটি বিশেষ অসুবিধা হয়। কারণ--হাইড্রোজেন একযোজী। তাই ইহাকে I নং শ্রেণীতে ক্ষারীয় ধাতুর সহিত বসাইতে হয় অথবা VII নং শ্রেণীতে হ্যালোজেন গোষ্ঠীর সহিত বসাইতে হয়। উল্লেখ করা যাইতে পারে--ক্ষারীয় ধাতু বা হ্যালোজেন উভয়েরই সহিত হাইড্রোজেনের সাদৃশ্য-বৈসাদৃশ্য পরিদৃষ্ট হয়। কিন্তু এই দুইটি শ্রেণীর একটিতে ইহাকে বসাইলে অন্য শ্রেণীতে অসুবিধার সৃষ্টি হয়। তাই মেণ্ডেলিফ হাইড্রোজেনকে 'দুষ্ট' মৌল নামে অভিহিত করেন।

(গ) কতকগুলি মৌলের ভিতর যথেষ্ট সাদৃশ্য না থাকিলেও তাহাদের একই শ্রেণীতে রাখা হইয়াছে। যেমন, ক্ষার ধাতু Li, Na প্রভৃতির সহিত মুদ্রা-ধাতু Cu, Ag প্রভৃতি একই শ্রেণীতে (শ্রেণী I) অবস্থান করে।

পক্ষান্তরে, Ba, Pb-র, অথবা Cu, Hg-র পরস্পরের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য থাকিলেও ইহাদিগকে পৃথক শ্রেণীতে দেখা যায়।

(ঘ) সংশোধিত পর্যায় সারণীর অষ্টম শ্রেণীতে Fe, Co, Ni; Ru, Rh, Pd; প্রভৃতি তিনটি মৌলকে একত্রে বসান হইয়াছে; কিন্তু ইহা পর্যায়গত বিভাগের মূলনীতি বিরুদ্ধ।

**৮-৩। আধুনিক পর্যায় সারণী।** মেণ্ডেলিফের ধারণানুযায়ী বলা যায় একই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির এবং উহা মৌলের প্রকৃতি নির্ধারণ করে। কিন্তু আইসোটোপ আবিষ্কারের পর জানা গেল একই মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন হইতে পারে। আবার এই সময়ই মোজ্‌লের পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হইল পরমাণু ক্রমাঙ্ক বা নিউ-ক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান দ্বারাই মৌলের যথার্থ প্রকৃতি নির্ধারণ সম্ভব। ইহাও বোঝা

গেল যে কোন মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্কই পর্যায় সারণীতে উহার ক্রমিক সংখ্যা। পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে নুতন মৌল গঠিত হয়। তাই বর্তমানে পর্যায় সারণীতে মৌলগুলি পারমাণবিক গুরুত্বের পরিবর্তে ক্রমাঙ্ক অনুসারে পুনঃ সজ্জিত করা হইয়াছে এবং পর্যায়-সূত্রও পুনর্লিখিত হইয়াছে :

"বিভিন্ন মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মসমূহ পর্যায়ক্রমে ইহাদের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী আবর্তিত হয়।"—এই সূত্রানুসারে সজ্জিত ( চিত্র ৮গ ) পর্যায় সারণীতে মেণ্ডেলিফের সারণীর অনেক ত্রুটি সংশোধিত হইয়াছে। যেমন :

(ক) মৌলের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক এবং সারণীতে উহার অবস্থান এক হওয়ায় হাইড্রোজেন ( পা: ক্রমাঙ্ক 1 ) হইতে আরম্ভ করিয়া এক এক করিয়া বৃদ্ধি পাইয়া 92 নং প্রকোষ্ঠে ইউরেনিয়াম ( পা: ক্রমাঙ্ক 92 ) স্থান পাইবে। [ইউরেনিয়ামের পরবর্তী 13 টি মৌল যাহাদিগকে গবেষণাগারে সংশ্লেষণ করা হইয়াছে পা: ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী খুব সহজেই তাহারাও এই পর্যায় সারণীতে স্থান লইয়াছে। ৮-ঘ নং চিত্রে 'দীর্ঘ পর্যায় সারণী'তে উহাদের দেখানো হইয়াছে। ]

(খ) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী হাইড্রোজেনের স্থান নির্ণয়ে কোনও অসুবিধা হয় না (পা: ক্রমাঙ্ক—1, প্রকোষ্ঠ নং—1)। এইপ্রকারে পর্যায় সারণীতে Ar, K; Co, Ni; প্রভৃতি মৌলযুগলের স্থান সম্বন্ধে কোনও সন্দেহ থাকে না। কারণ পা: ক্রমাঙ্ক অনুযায়ী ইহারা মেণ্ডেলিফের ধারণাকেই সমর্থন করে।

**দীর্ঘ পর্যায় সারণী।** বর্তমানে পর্যায়গুলিকে দীর্ঘতর করিয়া নতুনভাবে সারণী প্রস্তুত হইয়াছে, ইহাই এখন প্রচলিত। এই সারণীকে ব'য়র সারণীও (The Bohr Table) বলা হয়। কারণ এই সারণীতে অবস্থিত মৌলগুলি ব'য়র ইলেকট্রন বিন্যাস তত্ত্ব অনুসরণ করে। এই সারণীতে উপশ্রেণীকে পৃথক করা হইয়াছে ( চিত্র ৮-ঘ )। উহাতে 7 টি আনুভূমিক পর্যায় ও আঠারটি লম্ব শ্রেণী রহিয়াছে। নীচে এই সারণীর সংক্ষিপ্ত বিবরণ দেওয়া হইল।

H(1) ও He(2) এই দুইটি মাত্র মৌল আছে প্রথম পর্যায়ে—হাইড্রোজেন ধনাত্মক তড়িতাধান যুক্ত অধাতব মৌল আর হিলিয়াম একটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। এরপর প্রত্যেক পর্যায়েই তীব্র ধনাত্মক ক্ষার ধাতু দ্বারা শুরু হইয়া মৌলগুলির ধর্ম তীব্র ঋণাত্মক হ্যালোজেন মৌল পর্যন্ত পরিবর্তিত হইতে দেখা যায়। ইতিমধ্যে নিষ্ক্রিয়-গ্যাস সমূহ আবিষ্কৃত হইল। উহারা শূন্যযোজী। সুতরাং উহাদিগকে একটি নূতন অতিরিক্ত শূন্য শ্রেণীতে রাখিয়া পর্যায়ের শেষে স্থান দেওয়া হইল। প্রত্যেক পর্যায়ের শেষে তড়িৎ-নিরপেক্ষ নিষ্ক্রিয় গ্যাস রহিয়াছে। যেমন—

দ্বিতীয় পর্যায়ে Li (3) হইতে Ne(10) এই আটটি মৌল, তৃতীয় পর্যায়েও Na(11) হইতে Ar(18) এই আটটি মৌল বর্তমান। এই দুইক্ষেত্রে Li ও Na হইল ক্ষার ধাতু এবং Ne ও Ar হইল নিষ্ক্রিয় গ্যাস। এই দুইটি পর্যায়ে অন্যান্য পর্যায়ের তুলনায় কম মৌল থাকে বলিয়া ইহাদিগকে 'হ্রস্ব পর্যায়' বলা হয়। এই দুই পর্যায়ের মৌলগুলিকে 'আদর্শ মৌল' বলা হয়। কারণ যে সকল মৌল পৃথিবীতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়, তাহাদের পা: গুরুত্ব ( পা: ক্রমাঙ্ক ) অপেক্ষাকৃত কম। ইহাদের ধর্ম ও প্রকৃতি নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়।

চতুর্থ পর্যায়—K(19) হইতে Kr(36) পর্যন্ত এবং পঞ্চম পর্যায়—Rb(37) হইতে Xe(54) পর্যন্ত—ইহাদের প্রত্যেকটিতে আঠারটি মৌল আছে বলিয়া ইহাদিগকে 'দীর্ঘ পর্যায়'

৮-ঘ। আধুনিক দীর্ঘায়ত পর্যায় সারণী

| শ্রেণী→ পর্যায় | IA | IIA | IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | VIII | | | IB | IIB | IIIB | IVB | VB | VIB | VIIB | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | H 1 | | | | | | | | | | | | | | | | H 1 | He 2 |
| 2 | Li 3 | Be 4 | | | | | | | | | | | B 5 | C 6 | N 7 | O 8 | F 9 | Ne 10 |
| 3 | Na 11 | Mg 12 | | | | | | | | | | | Al 13 | Si 14 | P 15 | S 16 | Cl 17 | Ar 18 |
| 4 | K 19 | Ca 20 | Sc 21 | Ti 22 | V 23 | Cr 24 | Mn 25 | Fe 26 | Co 27 | Ni 28 | Cu 29 | Zn 30 | Ga 31 | Ge 32 | As 33 | Se 34 | Br 35 | Kr 36 |
| 5 | Rb 37 | Sr 38 | Y 39 | Zr 40 | Nb 41 | Mo 42 | Tc 43 | Ru 44 | Rh 45 | Pd 46 | Ag 47 | Cd 48 | In 49 | Sn 50 | Sb 51 | Te 52 | I 53 | Xe 54 |
| 6 | Cs 55 | Ba 56 | La* 57 | Hf 72 | Ta 73 | W 74 | Re 75 | Os 76 | Ir 77 | Pt 78 | Au 79 | Hg 80 | Tl 81 | Pb 82 | Bi 83 | Po 84 | At 85 | Rn 86 |
| 7 | Fr 87 | Ra 88 | Ac+ 89 | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Lanthanide series | Ce 58 | Pr 59 | Nd 60 | Pm 61 | Sm 62 | Eu 63 | Gd 64 | Tb 65 | Dy 66 | Ho 67 | Er 68 | Tm 69 | Yb 70 | Lu 71 |
| +Actinide series | Th 90 | Pa 91 | U 92 | Np 93 | Pu 94 | Am 95 | Cm 96 | Bk 97 | Cf 98 | En 99 | Fm 100 | Mv 101 | No 102 | Lw 103 |

বলা হয়। অপরদিকে ষষ্ঠ পর্যায়ে রহিয়াছে Cs(55) হইতে Rn(86) পর্যন্ত--এই 32টি মৌল। তাই ইহাকে 'অতিদীর্ঘ পর্যায়'ও বলা হয়। এই পর্যায়েই 14টি 'বিরল মৃত্তিক মৌল'--Ce(58) হইতে Lu(71) পর্যন্ত অবস্থান করে। এই মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য প্রায় নাই বলিলেই হয়। সুতরাং ইহাদের এক দলভুক্ত করিয়া 'ল্যান্থানাইড মৌল' গোষ্ঠী হিসাবে La(57) এর সহিত IIIA নং শ্রেণীতে ইহাদের অবস্থান করিতে দেখা যায়। পর্যায় সারণীটিকে সুদৃশ্য করিবার জন্য উহাদিগকে দীর্ঘ পর্যায় সারণীর নীচের দিকের সারিতে পৃথকভাবে দেখান হইয়াছে।

এই সারণীতে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে প্রত্যেক দীর্ঘ পর্যায়ের মধ্যবর্তীস্থানে অষ্টম-শ্রেণীতে তিনটি করিয়া মৌল বর্তমান। ইহারা পরস্পর সমধর্মী ও 'সন্ধিগত' মৌলের গোষ্ঠীভুক্ত। সন্ধিগত মৌল বলিতে অবশ্য অনেক মৌলকেই বুঝান হয়। যেমন চতুর্থ পর্যায়ে Sc(21) হইতে Cu(29) পর্যন্ত, পঞ্চম পর্যায়ে Y(39) হইতে Ag(47) পর্যন্ত, ষষ্ঠ পর্যায়ে La(57) হইতে Au(79) পর্যন্ত ইত্যাদি।

এবার সপ্তম পর্যায়ের কথা আলোচনা করা যাক। এই পর্যায়টি অসম্পূর্ণ। ইহা অতিদীর্ঘ পর্যায়ের মত শুরু হইয়াছে। এই পর্যায়ের সমস্ত মৌলই প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম তেজস্ক্রিয়। U(92) হইল 92 তম মৌল (মেণ্ডেলিফ সারণীর শেষ মৌল)। ইহার পর যে সমস্ত মৌল আবিষ্কৃত হইয়াছে ('ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল'), তাহাদের অধিকাংশে-রই বিরলমৃত্তিক মৌলের ন্যায় ইলেকট্রন-বিন্যাস সম্ভব। ইহাদিগকে বলা হয় অ্যাকটিনাইড-মৌলগোষ্ঠী--Ac(89) হইতে Lw(103) পর্যন্ত ল্যান্থানাইড মৌলগুলির নীচে নীচে ইহা-দিগকেও স্থান দেওয়া সম্ভব হইয়াছে। যেমন, Ce(58)-এর নীচে Th(90), Pr(59)-এর নীচে Pa(91) ইত্যাদি। সম্প্রতি মৌল 104 (Kurchatovium) ও 105 (Hahnium) আবিষ্কৃত হইয়াছে। উহাদের স্থান কোথায় হইবে তাহাও পূর্ব হইতে জানা আছে। সারণীর এই অপূর্ণ পর্যায় যেভাবে নূতন নূতন আবিষ্কৃত মৌলদ্বারা পূর্ণ হইতেছে তাহাতে ভবিষ্যতে এই সপ্তম পর্যায় সমাপ্ত করিয়া আর একটি অতিদীর্ঘ পর্যায় গঠন করিবে।

**৮-৪। ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে পর্যায় সারণী।** সাম্প্রতিক কালে গার্ডনার, লুডার ও ব্যাবির (Gardner, Luder & Baber) মৌলগুলিকে তাহাদের বাহিরের কক্ষে ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী এক সারণীতে সাজাইয়াছেন। এই সারণীর বিশেষত্ব হইল--ইহাতে 32টি উল্লম্ব পংক্তি আছে, পর্যায় সংখ্যা অবশ্য সাত-ই রহিয়াছে। এই সারণীর প্রধান সুবিধা হইল--ল্যান্থানাইড ও অ্যাকটিনাইড মৌলগুলিকে সারণীতে পৃথকভাবে রাখিবার প্রয়োজন হয় নাই।

ইলেকট্রন বিন্যাস আলোচনা করিলে পর্যায় সারণীর মৌলগুলিকে মোটামুটি চার ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা:

(ক) **নিষ্ক্রিয় মৌল।** ইলেকট্রন বিন্যাস অনুযায়ী যে সকল মৌলের সর্ববহিস্থ কক্ষ পূর্ণ আছে--যেমন He-এর ক্ষেত্রে দুইটি ও Ne, Ar, Kr, Xe, Rn--ইহাদের প্রত্যেকের ক্ষেত্রে আটটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ, অর্থাৎ, He বাদে তাহাদের সাধারণ সংকেত হইবে $ns^2np^6$ (এক্ষেত্রে n স্তর সংখ্যা নির্দেশ করে)। ইহারা নিষ্ক্রিয় কারণ ইহাদের

ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিবার ক্ষমতা সাধারণভাবে নাই। দীর্ঘ পর্যায় সারণীতে ইহারা '0' (শূন্য) শ্রেণীতে অবস্থান করে।

(খ) **আদর্শ মৌল** (representative elements)। এই জাতীয় মৌলের বহিস্থ ইলেকট্রনগুলির সাধারণ সংকেত $ns^1$ হইতে $ns^2np^5$ পর্যন্ত হওয়া সম্ভব। দীর্ঘ পর্যায় সারণীর IA, IIA, IIIB—VIIB শ্রেণীর মৌলগুলির এইপ্রকার সাধারণ সংকেত পরিদৃষ্ট হয়। এই মৌলগুলি রাসায়নিক ভাবে সক্রিয় এবং ইলেকট্রন গ্রহণ-বর্জন বা সমযোজ্যতার দ্বারা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

(গ) **সন্ধিগত মৌল।** এই প্রকার মৌলগুলির ভিতরের d-অনুস্তর সম্পূর্ণ হয় না এবং s-অনুস্তরে একটি বা দুইটি ইলেকট্রন থাকিতে পারে এবং ইহাদের সাধারণ সংকেত—$(n-1)d^{1-9}\ ns^{1-2}$। এই জাতীয় মৌলের একাধিক যোজ্যতা দেখা যায় এবং ইহারা সবর্গ-সমযোজী যৌগ (co-ordinate covalent compound) গঠনে সক্ষম।

(ঘ) **আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌল।** ইহারা সন্ধিগত মৌলগোষ্ঠীভুক্ত তবে ইহাদের ক্ষেত্রে কেবলমাত্র ভিতরের d-অনুস্তরই অপূর্ণ নাই, f-অনুস্তরও অপূর্ণ রহিয়াছে কিন্তু বাহিরের s ও p-উভয়ই পূর্ণ থাকে। এই জাতীয় মৌলগুলির মধ্যে ল্যান্থানাইড সমূহের জন্য সাধারণ সংকেত হইল $4f^{1-13}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^1\ 6s^2$ আর অ্যাকটিনাইড সমূহের জন্য সাধারণ সংকেত হইল $5f^{1-13}\ 6s^2\ 6p^6\ 6d^1\ 7s^2$. (অনুচ্ছেদ ২-১৯ দ্রষ্টব্য)। আভ্যন্তরীণ সন্ধিগত মৌলের বিশেষ ধর্ম হইল—আয়নিত অবস্থায় $(R^{3+})$ ইহাদের সংকোচন। ইহাই 'ল্যান্থানাইড সংকোচন' (lanthanide contraction) বা 'অ্যাকটিনাইড সংকোচন' (actinide contraction) নামে পরিচিত। সাধারণতঃ একটি কম পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের আয়ন অপেক্ষা একটি বেশী পারমাণবিক ক্রমাঙ্কের মৌলের আয়নের ব্যাসার্ধ বেশী হইবে। কিন্তু আলোচ্য মৌলগোষ্ঠীদ্বয়ের ক্ষেত্রে বিপরীত ধর্ম দেখা যায়। (যেমন $Ce^{3+}(58) = 1.18$A°, $Lu^{3+}(71) = 0.99$ A°; $Ac^{3+}(89) = 1.11$ A°, $Am^{3+}$ (95) = 1.00A° ইত্যাদি)।

**৮-৫। পরমাণুর অন্যান্য ধর্মের পর্যায়গত আবর্তন।** সারণীতে মৌলসকলের পারমাণবিক আয়তন, যোজ্যতা, প্রভৃতি নির্দিষ্ট পরমাণু-ক্রমাঙ্কের পরে আবার দেখা দেয় তাহা পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। মৌলের আরও অনেক ধর্মের ঐরূপ পর্যায়গত আবর্তন দেখা যায়। উহাদের কয়েকটি সংক্ষেপে উল্লেখ করা হইল।

(১) **পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।** অনেক মৌলের ব্যাসার্ধ উহাদের স্ফটিকের পরীক্ষা হইতে নির্ণয় করা হইয়াছে। ব্র্যাগের পদ্ধতিতে রঞ্জন-রশ্মির বিবর্তন সাহায্যে স্ফটিকের দুইটি পাশাপাশি পরমাণুর দূরত্ব জানা যায়। যেমন, হীরকে (কার্বন) দুইটি পরমাণুর কেন্দ্রের দূরত্ব 1.54A°। পরমাণুর ব্যাসার্ধ উহার অর্ধেক ধরা যাইতে পারে, অর্থাৎ কার্বনের পাঃ ব্যাসার্ধ, 0.77A°। এইভাবে অনেক পরমাণুর ব্যাসার্ধ স্থির করা হইয়াছে। ইহা ছাড়াও, রমণ বর্ণালী এবং আণবিক বর্ণালী হইতেও সমযোজী অণুতে দুই পরমাণুর পারস্পরিক দূরত্ব পাওয়া যায়। যেমন, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড জাতীয় অণু হইতে দেখা যায়, C—Cl বন্ধনী বা যোজকের দূরত্ব 1.76 A°। ইহা হইতে কার্বনের ব্যাসার্ধ বাদ দিলে, ক্লোরিনের ব্যাসার্ধ হইবে, 0.99A°। অবশ্য সমযোজী অণুতে পারমাণবিক দূরত্ব

উহাদের যোজ্যতা, জারণ-সংখ্যা এবং চতুষ্পার্শ্বস্থ ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর খানিক নির্ভর করে।

পরমাণুর ব্যাসার্ধেরও ক্রমাঙ্কের সঙ্গে পর্যায়গত আবর্তন হইয়া থাকে। সারণীর আনুভূমিক পংক্তিতে ক্রমাঙ্ক-বৃদ্ধির সঙ্গে ইলেকট্রন-সংখ্যা একটি করিয়া বাড়ে। কিন্তু ইলেকট্রন-স্তর একই থাকে। সুতরাং উহাতে কেন্দ্রের আধান বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য ভিতরের দিকে ইলেকট্রন বেশী আকৃষ্ট হয় ও ব্যাসার্ধ কিছু হ্রাস পায়। কিন্তু কোন শ্রেণী পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, ক্রমাঙ্ক বাড়িয়া যাওয়ার সঙ্গে ইলেকট্রন-সংখ্যা ত বটেই, ইলেকট্রনের নতুন স্তর সংযোজিত হয়; ফলে ব্যাসার্ধ যথেষ্ট বাড়িতে থাকে। এই পরিবর্তন একটি শ্রেণী ও একটি পর্যায় লক্ষ্য করিলেই বুঝা যাইবে।

পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (A°)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Be | B | C | N | O | F |
| 1.07 | 0.89 | 0.77 | 0.70 | 0.66 | 0.64 |
| Mg | Al | Si | P | S | Cl |
| 1.40 | 1.26 | 1.17 | 1.10 | 1.04 | 0.99 |
| Zn | | Ge | As | | |
| 1.31 | | 1.22 | 1.18 | | |
| Cd | | Sn | Sb | | |
| 1.48 | | 1.40 | 1.36 | | |

(২) **আয়নীয় ব্যাসার্ধ।** ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিলে পরমাণু উহার আয়নে পরিণত হয়। পরমাণু যখন ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয়, তখন ক্যাটায়ন বা পরাধর্মী আয়ন সৃষ্টি হয়। কেন্দ্রের আধান বেশী হয় বলিয়া উহা ইলেকট্রনগুলিকে আরও দৃঢ়ভাবে আকর্ষণ করে, সুতরাং ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ পরমাণু হইতে কম হইবে। যত বেশী ইলেকট্রন ছাড়িয়া যাইবে ব্যাসার্ধও তত কমিবে। যথা,

| পরমাণু | আয়ন | আয়ন |
|---|---|---|
| Pb, 1.76 | $Pb^{++}$, 1.21 | $Pb^{++++}$, 0.84 (A°) |
| Fe, 1.26 | $Fe^{++}$, 0.75 | $Fe^{+++}$, 0.60 (A°) |

অ্যানায়নে ইহার বিপরীত। ইলেকট্রন গ্রহণ করার জন্য, অ্যানায়নে কেন্দ্রের আধান ইলেকট্রনের মোট আধান অপেক্ষা কম, সুতরাং বাহিরের ইলেকট্রন বিস্তৃত হইতে সুযোগ পায়। এই হেতু অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ পরমাণুর চেয়ে বড় হইয়া থাকে, যেমন, Cl, 0.99, $Cl^-$, 1.81; S, 1.04, $S^{--}$, 1.84; ইত্যাদি।

এই আয়নীয় ব্যাসার্ধও ক্রমাঙ্কের সঙ্গে নির্দিষ্ট দিকে পরিবর্তিত হয়। নির্দিষ্ট পর্যায়ে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে উহা কমে, এবং শ্রেণীর ক্ষেত্রে বাড়ে। শ্রেণীগত পরিবর্তনের উদাহরণ দেওয়া হইল।

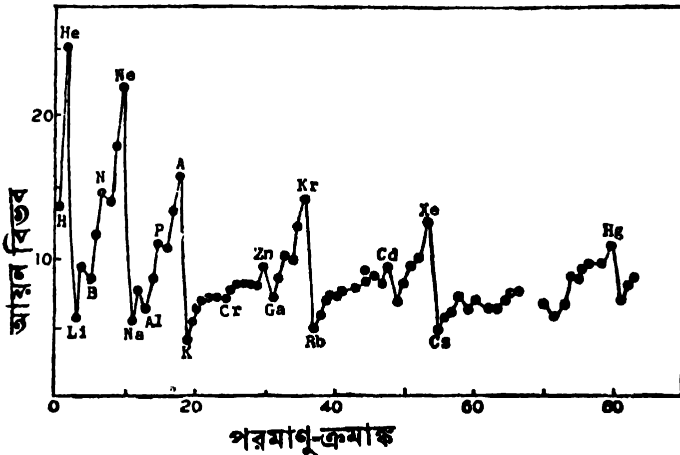
| | | | |
|---|---|---|---|
| $F^-$ | $Cl^-$ | $Br^-$ | $I^-$ |
| 1.36 | 1.81 | 1.95 | 2.16 (A°) |
| $Na^+$ | $K^+$ | $Rb^+$ | $Cs^+$ |
| 0.95 | 1.33 | 1.48 | 1.69 (A°) |

(৩) **আয়নন-বিভব** (Ionisation potential)। বায়বীয় অবস্থায় পরমাণু হইতে একটি ইলেকট্রন বিচ্যুত করিয়া লইতে যে ন্যূনতম শক্তি প্রয়োজন হয় তাহাকে বলা হয় আয়নন-

বিভব বা আয়ন-বিভব। $Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$। ফলে পরমাণু একটি পরাধর্মী আয়নে পরিণত হয়। একটি আবদ্ধ নলে অতি স্বল্প চাপে মৌলকে গ্যাসীয় অবস্থায় রাখিয়া উহার দুই প্রান্তের ইলেকট্রোড হইতে বিদ্যুৎ-চাপ দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে বিদ্যুৎ-চাপ বাড়াইলে এক নির্দিষ্ট ভোল্টে উহার ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ শুরু হয় এবং বিদ্যুৎক্ষরণ ঘটে। ইহা হইতে আয়ন-বিভব স্থির করা হয়। আয়ন-বিভব ইলেকট্রন-ভোল্ট এককে প্রকাশ করা হয়।

$$(1 \text{ e.v.} = 1.60 \times 10^{-12} \text{ আর্গ} = 23.05 \text{ কিলোক্যালরি প্রতি গ্রাম-পরমাণু})$$

প্রত্যেক মৌলের স্ব স্ব আয়ন-বিভব আছে। ইহা মৌলের এক বৈশিষ্ট্য। আয়ন বিভবের পরিমাণ নির্ভর করে কতকগুলি অবস্থার উপরে। ইহার মধ্যে প্রধান কেন্দ্রের আধান। (১) একই রকম ইলেকট্রন-বিন্যাসে কেন্দ্রের পরাধর্মী আধান যত বেশী হইবে ইলেকট্রনকে ছাড়াইয়া আনা তত কঠিন হইবে। (২) অপরদিকে পরমাণু-ব্যাসার্ধ যত বেশী হইবে, সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন-স্তর কেন্দ্র হইতে তত দূরবর্তী হইবে, সুতরাং ইলেকট্রন ছাড়ান সহজতর হইবে। (৩) ইহাছাড়া, বাহিরের স্তরের ইলেকট্রনকে যেমন কেন্দ্র আকর্ষণ করে, কেন্দ্রও ঐ ইলেকট্রনের মধ্যবর্তী অন্যান্য স্তরের ইলেকট্রনেরা সেই আকর্ষণকে প্রতিহত করে এবং আয়ননে সাহায্য করে। সুতরাং বেশী অন্তবর্তী ইলেকট্রন স্তর থাকিলে আয়ন-বিভব হ্রাস পায়। (৪) যে ইলেকট্রনটি বিচ্যুত হইবে, যে অনুস্তরে




চিত্র ৮-৬। আয়ন-বিভবের পর্যায়গত আবর্তন

উহা থাকে তাহার উপরেও আয়নন খানিকটা নির্ভর করে। কারণ s-অনুস্তরের ইলেকট্রন কেন্দ্রের খুবই সান্নিধ্যে আসে, তাই উহার বিচ্যুতি p-অনুস্তরের ইলেকট্রন অপেক্ষা কঠিন। সেইরূপ, কেন্দ্রের সান্নিধ্যে, $p > d > f$। আয়ন-বিভব এইসব ক্ষেত্রে ক্রমাগত কমিবে।

দেখা গিয়াছে, নিষ্ক্রিয় গ্যাস-গুলির আয়ন-বিভব খুবই বেশী, তাহাদের বহিঃস্তর ইলেকট্রন সম্পৃক্ত। সেইরূপ কোন মৌলে যদি অনুস্তরও ইলেকট্রন সম্পৃক্ত হয় তবে উহারও আয়ন-বিভব কিছু বৃদ্ধি পায়। যেমন, বেরিলিয়াম Be $(1s^2.2s^2)$, 9.3 কিন্তু বোরণ B $(1s^2 2s^2 2p^1)$, 8.3ev।

মৌলের আয়ন-বিভব পর্যায় সারণীর শ্রেণীতে ক্রমাঙ্কের সঙ্গে ক্রমশঃ হ্রাস পায়, যথা:

| মৌল | Li | Na | K | Rb | Cs |
|---|---|---|---|---|---|
| আয়ন-বিভব (ev) | 5.4 | 5.1 | 4.3 | 4.2 | 3.9 |

আবার অনুভূমিক পর্যায়ে, ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে আয়ন-বিভব ধারাবাহিক ভাবে বাড়িতে থাকে, কারণ সেখানে ইলেকট্রন-স্তর তথা ব্যাসার্ধ বাড়ে না। কিন্তু কেন্দ্রের আধান-বৃদ্ধি জনিত আকর্ষণ বাড়ে। যেখানে অনুস্তর ইলেকট্রন-সম্পৃক্ত সেখানে আয়ন-বিভব আরও বেশী। যথা,

| মৌল | Li | Be | B | C | N | O | F | Ne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| আয়ন-বিভব (ev) | 5.4 | 9.3 | 8.3 | 11.3 | 14.5 | 13.6 | 17.4 | 21.6 |

প্রত্যেক পর্যায়েই ইহা দেখা যায়। আয়ন-বিভবের এই পর্যায়গত আবর্তনের একটি চিত্র এখানে দেওয়া হইল (চিত্র ৮-৬)।

(8) **ইলেকট্রন-বন্ধুতা** (Electron affinity)। পরমাণু যখন একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে তখন উহা একটি অপরাবিদ্যুৎধর্মী আয়নে পরিণত হয় এবং এই প্রক্রিয়াতে খানিক-টা শক্তি বাহির হইয়া আসে। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-গ্রহণের এই প্রবণতা সমান নয়। হ্যালোজেন সহজেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে আবার ক্ষারধাতুর ইলেকট্রন-গ্রহণ-প্রবণতা নাই বলিলেই চলে। ইলেকট্রন গ্রহণে যে শক্তি উৎসারিত হয় তাহাই পরমাণুর ইলেকট্রন-গ্রহণ প্রবণতার পরিমাপ এবং ইহাকে বলা হয় ইলেকট্রন-বন্ধুতা। ধাতুর ইলেকট্রন বন্ধুতা খুবই সামান্য, অধাতব মৌলের অপেক্ষাকৃত বেশী। কেন্দ্রের আধান এবং পরমাণুর ব্যাসার্ধের উপর এই বন্ধুতা প্রধানতঃ নির্ভরশীল।

| মৌল | Cl | Br | I |
|---|---|---|---|
| ইলেকট্রন-বন্ধুতা | 3.75 | 3.53 | 3.2 (ev) |

(৫) **অপরাধর্মিতা** (electronegativity)। সঠিক ইলেকট্রন বন্ধুতা স্থির করা অনেক ক্ষেত্রেই কষ্টসাধ্য। এই কারণে পাউলিং (1932) পরমাণুর অপরাবিদ্যুৎধর্মিতা (বা সংক্ষেপে অপরাধর্মিতা) উদ্ভাবন করেন। দুইটি অসম পরমাণু যদি যুক্ত হইয়া একটি সমযোজকের সৃষ্টি করে, তবে উহাদের ইলেকট্রনের প্রতি আকর্ষণ এক হইবে না। একটি পরমাণু যোজক ইলেকট্রন সমূহকে অপরটি হইতে অধিক আকর্ষণ করিবে। ফলে, এই বিভিন্ন ইলেকট্রন আকর্ষণ প্রবণতার জন্য উহাদের বৈদ্যুত-প্রকৃতির তারতম্য ঘটিবে। মনে কর, $H_2$ এবং $Cl_2$ হইতে যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈয়ারী হয়। উহার গ্যাসীয় অণু সমযোজী এবং অধ্রুব (non-polar)। এই অবস্থায় H—Cl-এর যোজকের বন্ধন-শক্তি H—H এবং Cl—Cl এই দুই যোজকের শক্তির গড় হইবে। কিন্তু বাস্তবে দেখা যায় উহা হইতে অনেকটা আলাদা। $D^{*}_{AB}$ যদি পরীক্ষালব্ধ বন্ধনশক্তি হয় এবং $D_{A-A}$ এবং $D_{B-B}$ যদি আদি মৌলদ্বয়ের স্ব স্ব বন্ধন-শক্তি হয়, তাহা হইলে,

$$x_A - x_B = D_{AB} - \tfrac{1}{2}(D_{A-A} + D_{B-B})$$

যেখানে পাউলিং-এর মতে $x_A$, $x_B$ মৌলদ্বয়ের অপরাধর্মিতা। এইভাবে বিভিন্ন মৌলের অপরাধর্মিতা নির্ণীত হইয়াছে।

এই অপরাধর্মিতাও মৌলদের এক পর্যায়গত ধর্ম। সারণীতে যে কোন শ্রেণীতে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে অপরাধর্মিতা কমিতে থাকে; অর্থাৎ, যতই সারণীর নীচের দিকে যাইবে

ততই মৌলের ধাতবগুণ বাড়িবে আবার, আনুভূমিক পর্যায়ে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে অপরা-ধর্মিতা ক্রমপর্যায়ে বাড়িবে। অর্থাৎ, সারণীর ডানদিকের মৌলসমূহে অধাতব গুণ বেশী হইবে। কয়েকটি মৌলের অপরাধর্মিতা দৃষ্টান্তস্বরূপ দেওয়া হইল।

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Be | B | C | N | O | F |
| 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 |
| Mg | Al | Si | P | S | Cl |
| 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.5 | 3.0 |
| Ca | Sc | Ge | As | Se | Br |
| 1.0 | 1.3 | 1.8 | 2.0 | 2.4 | 2.8 |
| Sr | Y | Sn | Sb | Te | I |
| 1.0 | 1.3 | 1.7 | 1.8 | 2.1 | 2.5 |

দেখা যাইতেছে, পারমাণবিক সব ধর্মই পর্যায়সূত্র সমর্থন করে।

পরিচ্ছেদ ৯

# ধাতু এবং অধাতু ঃ ধাতু-নিষ্কাশন

**৯-১। ধাতু এবং অধাতু।** প্রকৃতি অনুযায়ী মৌলগুলিকে ধাতু এবং অধাতু এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইয়াছে। এই দুই শ্রেণীর মৌলের বিভিন্নতা আছে।

মোটামুটি বলা যায়, ধাতুগুলি তাপ- এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহী, দ্যুতিসম্পন্ন এবং আলোক-প্রতিফলনক্ষম, পারদ ব্যতীত সব ধাতুই সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন স্ফটিকাকার। ধাতুর ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতা সমধিক। ধাতুগুলির ঘনত্বও সাধারণতঃ অধিক। অপরপক্ষে অধাতুগুলি তাপ- ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়, আয়োডিন এবং গ্রাফাইট ব্যতীত উহাদের কোন দ্যুতি নাই। উহাদের কঠিন, তরল বা গ্যাস সব অবস্থাতেই সাধারণ উষ্ণতায় পাওয়া যায়। অধাতু অপেক্ষাকৃত ভঙ্গুর এবং উহাদের ঘনত্ব সাধারণতঃ কম।

অবশ্য এই সকল ধর্মের কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম দেখা যায়। যেমন, গ্র্যাফাইট অধাতু কিন্তু বিদ্যুৎ-পরিবাহী, হীরক অধাতু কিন্তু আলোক প্রতিফলিত করে, সোডিয়াম ধাতু হইলেও যথেষ্ট হাল্‌কা।

আয়নীয় যৌগের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ধাতুগুলি সর্বদাই ক্যাথোডে উৎসারিত হয়; ধাতব আয়ন পরাধর্মী। অধাতব আয়ন অপরাধর্মী সুতরাং উহারা অ্যানোডে উৎসারিত হয়। এই বিষয়ে হাইড্রোজেন স্বতন্ত্র। হাইড্রোজেনের আয়ন ধনাত্মক অর্থাৎ ধাতুর অনুরূপ। অন্যান্য ধর্মবিচারে কিন্তু হাইড্রোজেন অধাতু। আবার ধাতব হাইড্রাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডেই পাওয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্মের বিচারে দেখা যায়, ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ ক্ষার জাতীয় ($Na_2O$, $CaO$), আর অধাতব অক্সাইডগুলি অম্ল জাতীয় ($CO_2$, $SO_2$),)। কখনও ধাতব অক্সাইড অম্লজাতীয় হইতে পারে, যেমন, $Mn_2O_7$।

সাধারণতঃ ধাতু অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয়, অনেক সময় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়। কিন্তু অধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের এরূপ কোন সক্রিয়তা সহজে দেখা যায় না।

ধাতব হাইড্রাইড খুব কমই পাওয়া যায়, পাওয়া গেলেও উহারা খুব অস্থায়ী। অধাতব হাইড্রাইডগুলি বিশিষ্ট স্থায়ী-যৌগ। অধাতব ক্লোরাইডগুলি অনেক সময় আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়, কিন্তু ধাতব ক্লোরাইডে সেরূপ খুব বেশী দেখা যায় না। ধাতব জটিল লবণ প্রচুর পাওয়া যায়। সেই রকম অধাতব জটিল লবণ পাওয়া যায় না।

কিছু কিছু মৌলের মধ্যে ধাতব এবং অধাতব এই দুই শ্রেণীর ধর্মেরই খানিকটা প্রকাশ দেখা যায়। ইহাদের বলা হয় ধাতুকল্প, যেমন, অ্যান্টিমনি। ইহার ক্ষারীয় অক্সাইড এবং আম্লিক অক্সাইড উভয়ই পাওয়া যায়।

ধাতব মৌলের কতকগুলি বেশ হাল্‌কা (Na, K, Ca, Mg . . .) ইহাদের ঘনত্ব 6.0-এর কম। আবার অপরগুলি খুবই ভারী (ঘনত্ব, 6.0-এর অধিক); যেমন, (Au, Pt, Pb ইত্যাদি)। ভারী ধাতুগুলির কিছু কিছু সহজে রাসায়নিক ক্রিয়া করে না (Au, Pt . . .), ইহাদের বলা হয় বরধাতু (noble metals)। আর যে সকল ভারী ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক, উহারা অবরধাতু (base metals); যেমন (Zn, Cu, Fe, Ni . . .) ইহা ছাড়াও সমধর্মী ধাতুগুলিকে একত্র করিয়া বিভিন্ন নামে প্রকাশ করা হয়; যেমন

ক্ষারধাতু (Li, Na, K, Rb, Cs); মৃৎক্ষার ধাতু (Ca, Ba, Sr); মুদ্রাধাতু (Cu, Ag, Au) ইত্যাদি। অধাতুরও এইরূপ শ্রেণী হ্যালোজেন (F, Cl, Br, I)।

**৯-২। প্রকৃতিতে ধাতুর অবস্থান।** কোন কোন ধাতু প্রকৃতিতে মৌলাবস্থাতেই পাওয়া যায়; যেমন, সোনা, প্লাটিনাম ইত্যাদি। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থরূপে থাকে। এই সকল যৌগিক পদার্থ নানা রকমের হইতে পারে। ইহাদের কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল:

(১) অক্সাইড—অ্যালুমিনিয়াম [ বক্সাইট, $Al_2O_3$, $2H_2O$ ]
আয়রন [ হেমাটাইট, $Fe_2O_3$ ]
(২) কার্বনেট—ক্যালসিয়াম [ চুনাপাথর, লাইমস্টোন, $CaCO_3$ ]
ম্যাগনেসিয়াম [ ম্যাগনেসাইট, $MgCO_3$ ]
(৩) সালফাইড—মারকারি [ সিনাবার, $HgS$ ]
লেড [ গেলেনা, $PbS$ ]
(৪) সালফেট—ক্যালসিয়াম [ জিপসাম, $CaSO_4$, $2H_2O$ ]
(৫) নাইট্রেট—সোডিয়াম [ $NaNO_3$ ]
(৬) হ্যালাইড—ক্যালসিয়াম [ ফ্লুয়োস্পার, $CaF_2$ ]
(৭) সিলিকেট—ম্যাগনেসিয়াম [ মাইকা বা অভ্র, $KHMg_2$, $Al_2(SiO_4)_3$ ]
(৮) ফসফেট—ক্যালসিয়াম [ ফসফরাইট, $Ca_3(PO_4)_2$ ]

এই সকল স্বভাবজাত ধাতব যৌগপদার্থ প্রায়ই পাথর বা শিলারূপে কঠিন অবস্থায় থাকে। কখনো মাটির নীচে বা কখনো ভূপৃষ্ঠে ইহাদিগকে দেখা যায়। সচরাচর এই স্বভাবজাত অজৈব বস্তুগুলিকে আমরা 'খনিজ' বলি। প্রকৃতিজাত পাথর বা শিলাগুলির একটি বৈশিষ্ট্য আছে। উহাদের রাসায়নিক উপাদানগুলি সুনিয়ত; যেমন, বক্সাইট পাথরে সর্বদাই সোদক অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থাকে $Al_2O_3$, $2H_2O$। খনিজ বস্তুতে একাধিক যৌগ থাকাও সম্ভব; যেমন, কার্নালাইট $KCl$, $MgCl_2$, $6H_2O$; ক্রায়োলাইট, $3NaF$, $AlF_3$ ইত্যাদি।

খনিজ পাথরের ভিতর আসল বস্তুটির সঙ্গে অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় পদার্থ, মাটি, বালু ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। এই সকল মালিন্য বা অপদ্রব্যকে বলে **'খনিজ-মল'** (Gangue)। অনেক সময় খনিজের মধ্যে আসল বস্তু অপেক্ষা খনিজ-মলই থাকে অনেক বেশী।

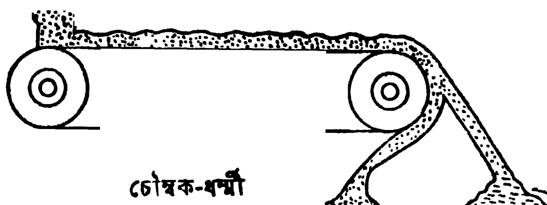
**আকরিক (Ore):** সব খনিজ হইতেই প্রয়োজনীয় ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব হয় না বা হইলেও নিষ্কাশন কঠিন এবং ব্যয়সাধ্য হয়। যে সকল খনিজ হইতে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা হয় সেই সকল খনিজকে ঐ ধাতুর 'আকরিক' বলা হয়; যেমন, সমুদ্র-লবণ সোডিয়ামের আকরিক, হেমাটাইট লৌহের আকরিক, বক্সাইট অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক ইত্যাদি।

**আকরিকের গাঢ়ীকরণ (Concentration of the Ore):** প্রায় সমস্ত আকরিকেই অল্পবিস্তর খনিজ-মল থাকে। ধাতু-নিষ্কাশন করার পুর্বে যতটা সম্ভব এই খনিজমল দূর করার চেষ্টা করা হয়। ইহার ফলে আকরিকে প্রয়োজনীয় বস্তুটির পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এই জন্য এই মল-দূরীকরণ প্রক্রিয়াকে আকরিকের 'গাঢ়ীকরণ' বলে। গাঢ়ীকরণের জন্য

বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। ইহাতে ধাতুর নিষ্কাশন-ব্যায় অনেক কমিয়া যায়।

**(ক) জলস্রোত সাহায্যে :** কখনও আকরিককে বিচূর্ণ করিয়া জলস্রোতে ধৌত করিলেই খানিকটা খনিজমল পৃথক হইয়া যায়। আকরিকের ভারী উপাদানগুলি নীচে থিতাইয়া যায় আর হাল্‌কা উপাদানগুলি জলস্রোতে চলিয়া যায়।

**(খ) চৌম্বকক্ষেত্র সাহায্যে :** লৌহ জাতীয় চৌম্বকধর্মী পদার্থ আকরিকে থাকিলে, বিচূর্ণ আকরিককে একটি জোরালো চুম্বকক্ষেত্রের ভিতর দিয়া লইয়া গেলে চুম্বক একটিকে টানিয়া রাখে এবং পৃথক করিয়া দেয়। টিনের আকরিকে টাংস্টেন মিশ্রিত থাকে। টিনের উপর চৌম্বকক্ষেত্রের কোন প্রভাব নাই, কিন্তু অপরটি চৌম্বকধর্মী। নীচের চিত্র হইতে এইরূপ গাঢ়ীকরণের একটা ধারণা পাওয়া যাইবে। এই যন্ত্রের এক প্রান্তে একটি বড় চুম্বক ঘুরিতেছে। উহাদের উপর দিয়া একটি মোটা কাপড়ের বেল্টও সেই সঙ্গে ঘুরিতেছে। এই কাপড়ের উপর বিচূর্ণ আকরিক রাখিয়া দিলে উহা শেষ প্রান্তে আসিয়া দ্বিধাবিভক্ত দুইটি স্তূপে পরিণত হয়। টাংস্টেন চুম্বকের আকর্ষণহেতু চুম্বকের নিকটে জড় হয়, টিনের যৌগ দূরে গিয়া জমিতে থাকে।




চিত্র ৯-ক। চুম্বকক্ষেত্র-সাহায্যে টিনের গাঢ়ীকরণ

**(গ) তেল ও জলের ফেনিলমিশ্রণ সাহায্যে :** বিশেষ বিচূর্ণ খনিজকে জল এবং অল্প পরিমাণ তেলের সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়। তখন এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া প্রচুর বাতাসের বুদ্‌বুদ্‌ প্রবাহিত করা হয়। তেল-জলের উত্তমরূপ সংমিশ্রণের ফলে উহার উপর ফেনার সৃষ্টি হয়। তলটানের পার্থক্যহেতু আকরিকের প্রয়োজনীয় বস্তুটি বিশেষতঃ ধাতব সালফাইড ফেনাতে ভাসিয়া উঠে, কিন্তু মাটি, বালু ইত্যাদি জলের নীচে থিতাইয়া যায়। উপরের ফেনা হইতে সালফাইড সংগ্রহ করা হয়। সাধারণতঃ পাইন তেল এবং জ্যান্থেট (xanthate) ব্যবহার করা হয়। জিঙ্ক ব্লেণ্ড (ZnS) আকরিক গাঢ়ীকরণে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। বিচূর্ণ ব্লেণ্ড হইতে ফেনাতে প্রায় সবটা ZnS আলাদা হইয়া আসে, সঙ্গে কিছু খনিজ-মল থাকে।

**৯-৩। ধাতু-নিষ্কাশন।** আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশিত করিতে প্রধানতঃ দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়—একটি আকরিকের যৌগটিকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া আর অপর পদ্ধতিতে তাপ-প্রয়োগে ধাতব যৌগকে বিজারিত করিয়া।

**(১) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** অনেক আকরিকের যৌগকে উত্তপ্ত করিয়া বিজারক

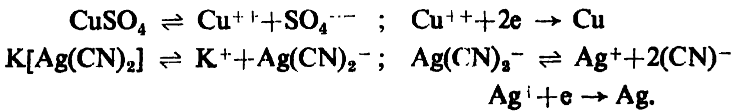
সাহায্যেও ধাতু নিষ্কাশিত করা যায় না; যেমন, $CaO$, $Al_2O_3$ ইত্যাদি। এই সকল ক্ষেত্রে আকরিকটিকে বিগলিত অবস্থায় লইয়া উহার ভিতর তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে ক্যাথোডে ধাতু বাহির হইয়া আসে। যেমন, বিগলিত $NaCl$-এর বিদ্যুৎ-বিশ্লেষণে সোডিয়াম পাওয়া যায়; $2NaCl \rightarrow 2Na + Cl_2$ যদি আকরিকটি গলান সম্ভব না হয়, বা গলিত অবস্থাতেও বিশেষ তড়িদ্বাহী না হয়, তাহা হইলে সেই আকরিককে কোন বিগলিত তড়িদ্বাহী তরলে দ্রব করিয়া লইতে হয় এবং তাহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিয়া বিশ্লেষণ করা হয়। অ্যালুমিনাকে এইভাবে গলিত ক্রায়োলাইটে ($Na_3AlF_6$) লইয়া বিদ্যুৎদ্বারা বিশ্লেষিত করা হয়।



$$2Al_2O_3 \xrightarrow[Na_3AlF_6]{} 4Al + 3O_2$$

এই পদ্ধতিতে তড়িৎশক্তি শুধু বিশ্লেষণেই ব্যবহার করা হয় না, আকরিক বিগলনের জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহাও তড়িৎ-শক্তি হইতেই আসে।

তাড়িত রাসায়নিক বিভবশ্রেণীতে যে সকল ধাতুর স্থান হাইড্রোজেনের নীচে, সেই সকল ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণদ্বারাও কখনও কখনও ধাতু উৎপাদন করা হয়। যেমন,



$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--} \;;\quad Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$$

$$K[Ag(CN)_2] \rightleftharpoons K^+ + Ag(CN)_2^- \;;\quad Ag(CN)_2^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2(CN)^-$$

$$Ag^+ + e \rightarrow Ag.$$

(২) **তাপ-প্রয়োগ পদ্ধতি :** ধাতুর নিষ্কাশন স্বভাবতঃই আকরিক কি প্রকারের যৌগ তাহার উপর নির্ভর করে। সিলিকেট যৌগ হইতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় না। সচরাচর অক্সাইড বা সালফাইড আকরিক হইতে ধাতু উৎপাদন করা হয়। কার্বনেট আকরিক হইতে যদি ধাতু উৎপাদন করিতে হয় তাহাও, উত্তাপে বিয়োজিত করিয়া প্রথমে উহাকে অক্সাইডে পরিণত করিয়া লইতে হয়। অক্সাইড বা সালফাইডকে উচ্চতাপে বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করাই রীতি।

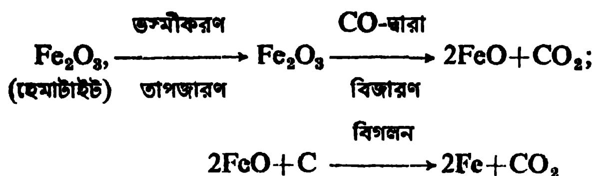
(ক) **অক্সাইড আকরিক হইতে :** (১) কার্বনদ্বারা উচ্চ উষ্ণতায় অক্সাইডকে বিজারণ করিয়া গলিত অবস্থায় ধাতু নিষ্কাশিত করাই সর্বাধিক প্রচলিত নিয়ম। জিঙ্ক, আয়রণ প্রভৃতি এইভাবে প্রস্তুত করা হয়। ইহার জন্য কয়েকটি প্রধান প্রক্রিয়া করা হয়।

(অ) **ভস্মীকরণ (Calcination) :** একটি চুল্লীতে আকরিকসমূহকে প্রথমে বিশেষরূপে তাপিত করা হয় কিন্তু গলানো হয় না। ইহাকে বলে ভস্মীকরণ। ইহাতে উদ্বায়ী পদার্থ থাকিলে উড়িয়া যায়। মালিন্য কমে, খনিজটি সছিদ্র এবং ফাঁপা হয়।

(আ) **তাপজারণ (Roasting) :** বাতাসে আকরিকটিকে খুব উত্তপ্ত করা হয়, যাহাতে সালফাইড থাকিলে উহার অনেকটা বা সম্পূর্ণই অক্সাইডে পরিণত হয়। এক্ষেত্রেও উহাকে গলানো হয় না। এইরূপে আকরিককে জারিত করাকে তাপ-জারণ বলে। অনেক সময় ভস্মীকরণ এবং তাপজারণ একত্রে একই চুল্লীতেই করা হয়।

(ই) **বিগলন (Smelting) :** অতিরিক্ত উষ্ণতায় বিজারকের সহিত বা এমনিই আকরিকের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া গলিত অবস্থায় ধাতু উৎপাদনকে বলা হয়

বিগলন প্রক্রিয়া। যেমন, প্রায় 1500°C-এ কোক-বিচূর্ণসহ আয়রণ অক্সাইড (হেমাটাইট উদ্ভূত) উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া গলিত লৌহে পরিণত হয়।

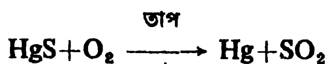


$$Fe_2O_3 \xrightarrow[\text{তাপজারণ}]{\text{ভস্মীকরণ}} Fe_2O_3 \xrightarrow[\text{বিজারণ}]{\text{CO-দ্বারা}} 2FeO+CO_2;$$
(হেমাটাইট)

$$2FeO+C \xrightarrow{\text{বিগলন}} 2Fe+CO_2$$

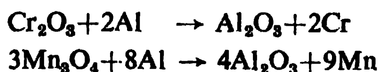
বিগলিত ধাতু হইতে অপ্রয়োজনীয় খনিজ-মল যাহাতে সহজে গলিয়া পৃথক হইয়া যায় সেই জন্য অপর কতকগুলি বস্তু আকরিকের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া দিতে হয়। ইহাদের বলে, **বিগালক (Flux)**। ইহারা অপদ্রব্যগুলির সঙ্গে যুক্ত হইয়া উহাদের গলাইয়া পৃথক করিয়া দেয়। বিগলিত এবং খনিজ-মলের সংযোগে যে গলিত পদার্থ পৃথক হইয়া আসে তাহার নাম ধাতু-মল (slag)। যেমন, লৌহ-উৎপাদনকালে যথেষ্ট লাইমস্টোন খনিজ ($CaCO_3$) মিশান হয়। উহার CaO আকরিকের বালুজাতীয় খনিজমলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $CaSiO_3$ ধাতুমল উৎপন্ন করে এবং উহা গলিয়া ধাতুর উপর ভাসিতে থাকে। এই ধাতুমল পৃথকভাবে সরাইয়া লওয়া যায়। সেইরূপ কখনও আবার সিলিকাই মিশাইয়া লইতে হয়।

(২) কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারক ছাড়াই কেবলমাত্র তাপপ্রয়োগেই আকরিক হইতে ধাতু পাওয়া যায়। মারকারির আকরিক সিনাবার HgS উত্তপ্ত করিলেই উহা বিয়োজিত হইয়া যায়। পারদ বাষ্পাকারে বাহির হয়, উহাকে ঘনীভূত করিয়া ধাতুটি সংগ্রহ করা যায়।



$$HgS+O_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} Hg+SO_2$$

(৩) ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডকে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের সহিত মিশ্রিত করিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলেই, অ্যালুমিনিয়ামদ্বারা ধাতুটি প্রতিস্থাপিত হয়:



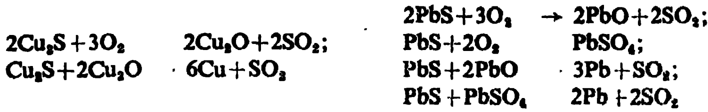
$$Cr_2O_3+2Al \rightarrow Al_2O_3+2Cr$$
$$3Mn_3O_4+8Al \rightarrow 4Al_2O_3+9Mn$$

এই পদ্ধতির নাম, 'গোল্ডস্মিট থারমাইট পদ্ধতি'।

**(খ) সালফাইড আকরিক হইতে:** সালফাইড আকরিক হইতে জিঙ্ক, কপার, লেড প্রভৃতি ধাতু পাওয়া যায়। প্রথমে অবশ্য আকরিকটির গাঢ়ীকরণ প্রয়োজন, যাহাতে অনেকটা খনিজ-মল দূর হয়। অতঃপর সালফাইড আকরিককে তাপজারিত করা হয়। ফলে, সালফাইড ধাতুর অক্সাইডে পরিণত হয়। এখন এই অক্সাইডকে বিজারক হিসাবে কোকচূর্ণের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া উচ্চতাপে বিগলন করা হয়। তখন ধাতুটি গলিত অবস্থায় পাওয়া যায়।

কোন কোন সময় তাপজারণের ফলে সালফাইড আংশিক ভাবে অক্সাইড কিংবা সাল-

ফেটে পরিণত হয়। এই অক্সাইড এবং সালফেট অপরিবর্তিত সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া উভয়েই বিজারিত হইয়া ধাতু উৎপাদন করে। কপার কিংবা লেড ধাতুর নিষ্কাশনে এই স্বতঃবিজারণ (self-reduction) ঘটে।



$$2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2; \qquad Cu_2S + 2Cu_2O \rightarrow 6Cu + SO_2$$

$$2PbS + 3O_2 \rightarrow 2PbO + 2SO_2; \quad PbS + 2O_2 \rightarrow PbSO_4; \quad PbS + 2PbO \rightarrow 3Pb + SO_2; \quad PbS + PbSO_4 \rightarrow 2Pb + 2SO_2$$

তাপজারণ, বিগলন প্রভৃতি প্রক্রিয়াতে প্রয়োজন অনুসারে নানা ধরনের চুল্লীর প্রচলন হইয়াছে। বিভিন্ন ধাতুর আলোচনার সময় উহা উল্লেখ করা হইবে।

## অনুশীলনী

১। মৌলের সঠিক পাঃ গুরুত্ব নির্ণয় করার একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। পাঃ গুরুত্ব এবং তুল্যাঙ্কের মধ্যে কি সম্পর্ক?

২। কোন মৌলের তুল্যাঙ্ক কাহাকে বলে? একই মৌলের বিভিন্ন তুল্যাঙ্ক কি হইতে পারে? তুল্যাঙ্ক-অনুপাতে সূত্রটি ব্যাখ্যাসহ বুঝাইয়া দাও।

৩। সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও : (ক) সমাকৃতি সূত্র (খ) অ্যাভোগাড্রো সূত্র (গ) সডির বর্গান্তর সূত্র।

৪। পরমাণু-সৃষ্টির তিনটি আদি-কণা কি? ঐ কণাগুলির প্রকৃতি সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

৫। অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি লিখ।
Al এবং Mg-এর কতকগুলি পাতলা পাত একত্র মিশ্রিত (মোট ওজন 0.15 গ্রাম) করিয়া HCl-এ দ্রবীভূত করিলে 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 মিমি চাপে 187 মিলি গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রিত পাতের শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর।

৬। কি কারণে নিম্নোক্ত সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা হইয়াছে?
(ক) প্রত্যেক অণুতে একটি পরাধর্মী কেন্দ্র আছে, (খ) অণুর ইলেকট্রন সংখ্যা কেন্দ্রের পরাধর্মী আধানের সমান, (গ) মৌলের প্রকৃতি উহার পাঃ গুরুত্ব অপেক্ষা ক্রমাঙ্কের উপর অধিকতর নির্ভরশীল।

৭। মোজলের রঞ্জন রশ্মির পরীক্ষা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। পরমাণু-গঠনের ধারণায় ইহার অবদান কি?

৮। পরমাণুর গঠন সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত রচনা লিখ।

৯। আল্‌ফা-কণা কি? উহাদের সম্পর্কে রাদারফোর্ড কি পরীক্ষা করেন এবং সেই পরীক্ষা হইতে কি সিদ্ধান্ত হয়? দুইটি উদাহরণসহ পরমাণু-কেন্দ্রিক বিক্রিয়া ব্যাখ্যা কর

১০। তেজস্ক্রিয়তা বলিতে কি বুঝায়? সডির বর্গান্তর সূত্রটি উল্লেখ কর এবং উদাহরণ সাহায্যে বুঝাইয়া দাও।

১১। তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা কি? তেজস্ক্রিয় রশ্মির ধর্ম বর্ণনা কর।

১২। (ক) পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণার সঙ্গে ডালটনের পরমাণুতত্ত্বের বিরোধ কোথায় এবং কেন?

(খ) মেণ্ডেলিফ কীভাবে অনাবিষ্কৃত মৌলের ধর্ম সম্পর্কে ভবিষদ্বাণী করিতে সমর্থ হইয়াছিলেন।

১৩। আইসোটোপ কাহাকে বলে? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। আইসোটোপ নির্ণয়ে অ্যাস্টনের ভর-বর্ণালী পরীক্ষার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

১৪। আইসোটোপ পৃথকীকরণের জন্য যে সমস্ত পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়, তাহার মধ্যে যে কোন তিনটির বিবরণ লিখ।

১৫। মৌলের যোজ্যতা বলিতে কি বুঝায়? যোজ্যতাকে ইলেকট্রনীয় মতবাদদ্বারা কিভাবে ব্যাখ্যা করা হয়, সংক্ষেপে তাহা আলোচনা কর।

(খ) যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী নিম্নোক্ত অণুগুলির সংরচনা কর। (অ) $N_2O$ (আ) $H_2O$ (ই) $NH_4Cl$

১৬। ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতার সংজ্ঞা কি? ইলেকট্রনীয় যৌগ এবং সমযোজী যৌগের ধর্মের তুলনা কর।

১৭। সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও:

(ক) একক বন্ধতা (খ) সংস্পন্দন (resonance) (গ) হাইড্রোজেন বন্ধনী (ঘ) ধাতব যোজ্যতা।

১৮। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রগুলি উল্লেখ করিয়া উহার তাৎপর্য বুঝাইয়া দাও। 'এক ফ্যারাডে'—অর্থ কি? যোজ্যতা নিরূপণে ফ্যারাডে-সূত্র কিভাবে সাহায্য করে?

১৯। অ্যাসিড এবং ক্ষার কাহাকে বলে? ব্রনস্টেড-লাউরী তত্ত্ব অনুযায়ী কোন্ কোন্ দ্রব্য অ্যাসিড ও ক্ষার হইতে পারে দেখাও।

২০। টীকা লেখ:

(ক) বাফার দ্রবণ

(খ) সূচক

১। অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি বলিলে কি বোঝায়? দুইটি অ্যাসিডের আপেক্ষিক শক্তি কিভাবে তুলনা করা হবে, উদাহরণসহ বুঝাইয়া দাও।

২২। 'জারণ এবং বিজারণ'—সম্বন্ধে একটি নিবন্ধ লিখ। ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী ইহাদের সংজ্ঞা কি হইবে?

(খ) জারক ও বিজারক' দ্রব্যের তুল্যাঙ্ক কিভাবে হিসাব করা হয়?

২৩। 'জারণ ও বিজারণ'—বুঝাইয়া দাও। আয়ন-ইলেকট্রন সাহায্যে জারণ-বিজারণ ক্রিয়ার সমীকরণ কিভাবে প্রকাশ করা সম্ভব দেখাও।

২৪। 'জারণ-সংখ্যা'র অর্থ কি? কোন নির্দিষ্ট যৌগে একটি মৌলের জারণ-সংখ্যার মান কিভাবে ধরা হয়। ম্যাঙ্গানিজের বিভিন্ন যৌগ লইয়া উহার জারণ-সংখ্যা কত দেখাও।

২৫। (জটিল যৌগে কোন পরমাণুর) মুখ্য যোজ্যতা এবং গৌণ যোজ্যতা বলিলে কি বুঝায়? জটিল যৌগের উদ্ভব ইলেকট্রনীয় মতবাদদ্বারা কিভাবে ব্যাখ্যা করা হয়?

২৬। ভার্ণারের তত্ত্বের একটি বিবরণ দাও। জটিল লবণ এবং দ্বিধাতুক লবণের পার্থক্য কিরূপে স্থির করা হয়?

২৭। মৌলসমূহের পর্যাবৃত্ত শ্রেণীবিভাগের উপর একটি নিবন্ধ লিখ। পর্যায় সারণীর প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

২৮। পর্যায় সূত্রের ব্যাখ্যা কর। বিভিন্ন ধর্ম লইয়া উহাদের আবর্তন দেখাও।

২৯। টীকা লিখ:

(ক) (১) বিয়োজন এবং বিভাজন (২) তড়িৎ বিয়োজন এবং তাপবিয়োজন (৩) বহুরূপতা এবং সমযোগিতা (isomerism) (৪) pH এবং pOH (৫) আয়নন-বিভব এবং জারণ-বিভব।

৩০। সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও:

(ক) লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ (খ) সবর্গ-যৌগের সমাবয়বতা (গ) চিলেট যৌগ (ঘ) সংক্রমন-উষ্ণতা (ঙ) অ্যাসিডের ক্ষার-গ্রাহিতা।

৩১। আকরিক হইতে ধাতুসমূহের নিষ্কাশনের সাধারণ প্রক্রিয়াসমূহ আলোচনা কর।

৩২। ধাতু ও অধাতুর মধ্যে কি কি পার্থক্য বিদ্যমান? ইহার ব্যতিক্রম আছে কি?

পরিচ্ছেদ ১০

# শূন্য শ্রেণীর মৌল

## নিষ্ক্রিয় গ্যাস বা বিরল গ্যাস

## হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপটন, জেনন ও র‍্যাডন

১০-১। সূচনা। হিলিয়াম, নিয়ন আর্গন, ক্রিপটন, জেনন ও র‍্যাডন—এই ছয়টি মৌল লইয়া পর্যায় সারণীর শূন্য-শ্রেণী গঠিত। সাধারণ উষ্ণতায় ইহারা সকলেই গ্যাস এবং রাসায়নিক পরিবর্তনে উদাসীন ও নির্লিপ্ত। এই কারণেই ইহাদের নাম নিষ্ক্রিয় বা উত্তম গ্যাস (inert or noble gases)। র‍্যাডন ব্যতীত অন্য সব কয়টি গ্যাসই বাতাসে পাওয়া গিয়াছে এবং অধিকাংশেরই পরিমাণ বাতাসে অতি সামান্য—সেই জন্য গ্যাসগুলির অপর নাম 'বিরল গ্যাস' (Rare gases)। আয়তনের শতাংশে বায়ুতে উহাদের পরিমাণ নিম্নরূপ:

| He | Ne | Ar | Kr | Xe |
|---|---|---|---|---|
| $5\times10^{-4}$ | $15\times10^{-4}$ | $932.3\times10^{-4}$ | $1\times10^{-4}$ | $0.09\times10^{-4}$% |

যেখানে বায়ুর প্রধান উপাদান অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ:

| $N_2$ | $O_2$ | $CO_2$ |
|---|---|---|
| 78.03 | 20.99 | 0.03 % |

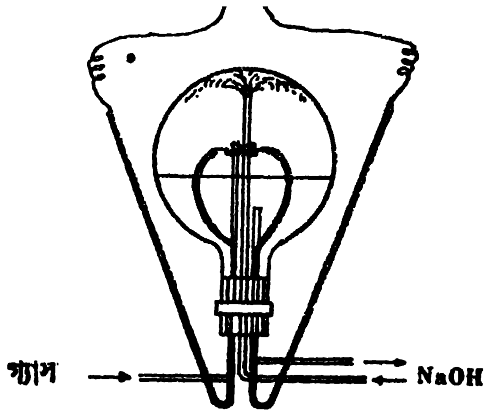
র‍্যাডন গ্যাসটিও নিষ্ক্রিয়, তবে উহার একটু স্বাতন্ত্র্য আছে। উহা একটি তেজষ্ক্রিয় গ্যাস।

১০-২। **পর্যায়-সারণীতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থান।** মেণ্ডেলিফের সারণীতে এই গ্যাসগুলির স্থান ছিল না। কারণ উহাদের অস্তিত্ব পরে আবিষ্কৃত হইয়াছে। কিন্তু পর্যায় সারণী বিচার করিয়া থমসন (Thomson) বলিয়াছিলেন, সারণীর সপ্তম শ্রেণীতে অতি-ঋণাত্মক হ্যালোজেন গোষ্ঠী রহিয়াছে এবং তারপরেই প্রথম শ্রেণীর অতি ধনাত্মক ক্ষারধাতুসকল রহিয়াছে। এই আকস্মিক আধান পরিবর্তনের মধ্যে আরও অন্তবর্তী শ্রেণী থাকা সম্ভব। এমন কি তিনি দুই একটি পাঃ গুরুত্বের আভাষও দিয়াছিলেন। পরে যখন আর্গন ও হিলিয়াম আবিষ্কৃত হইল তখন উহাদের হ্যালোজেন ও ক্ষারধাতুর মধ্যেই স্থান হইল। চরম রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার জন্য র‍্যামজেই সর্বপ্রথম উহাদিগকে একটি অতিরিক্ত শ্রেণীতে সংস্থাপিত করিয়া উহার নাম দেন 'শূন্য শ্রেণী'। ঋণাত্মক হ্যালোজেনের সপ্তম শ্রেণী এবং ধনাত্মক ক্ষারধাতুর প্রথমশ্রেণীর মধ্যে ইহারা সেতুস্বরূপ। অন্যান্য মৌল হইতে ইহাদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাসও স্বতন্ত্র। সকলের ক্ষেত্রেই সর্ববহিস্থ স্তর ইলেকট্রনদ্বারা ($s^2p^6$) পূর্ণ, অর্থাৎ অষ্টক আগে হইতেই পূর্ণ। কেবল হিলিয়ামের ক্ষেত্রে দুইটি ইলেকট্রন ($1s^2$) রহিয়াছে। এই সংখ্যাই উহার K-স্তরের সর্বাধিক ধারণ-ক্ষমতা। এখানে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস দেখান হইল,

| মৌল | পরমাণু | K | L | | M | | | N | | | | O | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ক্রমাঙ্ক | 1s | 2s | 2p | 3s | 3p | 3d | 4s | 4p | 4d | 4f | 5s | 5p | 5d | 6s | 6p |
| He | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ne | 10 | 2 | 2 | 6 | | | | | | | | | | | | |
| Ar | 18 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | | | | | | | | | | |
| Kr | 36 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | | | | | | | |
| Xe | 54 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | | 2 | 6 | | | |
| Rn | 86 | 2 | 2 | 6 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 | 10 | 14 | 2 | 6 | 10 | 2 | 6 |

১০-৩। **আবিষ্কারের ইতিবৃত্ত।** 1785 সালে ক্যাভেনডিশ (Cavendish) কস্টিক সোডা দ্রবণের উপর অতিরিক্ত অক্সিজেনযুক্ত বায়ুতে পুনঃ পুনঃ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ প্রয়োগ করিয়া এবং বাড়তি অক্সিজেনকে পটাসিয়াম সালফাইড দ্রবণদ্বারা অবশোষিত করিয়া সামান্য পরিমাণ (আদি বায়ুর $\frac{1}{120}$ ভাগ) গ্যাসীয় অবশেষ পাইলেন। দেখা গেল, উহা নাইট্রোজেন অপেক্ষাও অধিক নিষ্ক্রিয়। কিন্তু ক্যাভেনডিশের এই পরীক্ষার তাৎপর্য পরবর্তী এক শতাব্দী কাল ধরিয়া বিজ্ঞানীদের সম্পূর্ণ উপেক্ষিত ছিল।

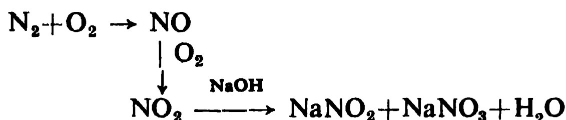
1894 সালে গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব সম্বন্ধে সুসম্বদ্ধ গবেষণা করিতে করিতে লর্ড র‍্যালে (Lord Rayleigh) লক্ষ্য করেন, প্রমাণ অবস্থায় এক লিটার বায়ব (বায়ু হইতে প্রস্তুত) নাইট্রোজেনের ওজন 1.2572 গ্রাম, যেখানে অনুরূপ অবস্থায় রাসায়নিক (অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট, ইউরিয়া, নাইট্রোজেন-অক্সাইড প্রভৃতির বিভাজনে উৎপন্ন) নাইট্রোজেনের ওজন 1.2506 গ্রাম। ওজনের এই পার্থক্য এত বেশী যে, ইহা পরীক্ষাগত প্রমাদ বলিয়া উড়াইয়া দেওয়া যায় না। এই ঘটনাটি র‍্যামজেকে (Sir William Ramsay) জানাইলে তিনি বায়ুতে নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী অনাবিষ্কৃত কোন গ্যাসের অস্তিত্ব কল্পনা করিলেন।



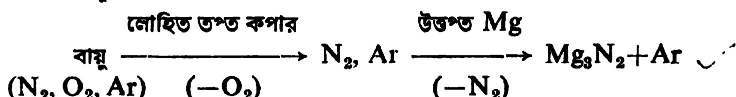

চিত্র ১০-ক।

পরে র‍্যামজের সঙ্গে একযোগে কাজ করিয়া র‍্যালে বায়ু হইতে এই নতুন গ্যাসটি আলাদা করিতে সক্ষম হইলেন। তিনি একটি বড় (50 লিটার) গ্লোবে বায়ু ও অক্সিজেনের (9:11 ভাগ) মিশ্রণ লইয়া দুইটি প্লাটিনাম তড়িদ্দ্বারের সাহায্যে উহাতে কয়েক ঘণ্টা ব্যাপী উচ্চ ভোল্টের ইলেকট্রনীয় মোক্ষণ প্রবর্তিত করিলেন (চিত্র ১০-ক)। ফলে, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) এবং পরে, অক্সিজেনের

আধিক্যহেতু নাইট্রোজেনে পার-অক্সাইডে পরিণত হইল। তখন গ্লোবের মধ্যে কস্টিক সোডা দ্রবণ প্রবাহিত করিয়া নাইট্রোজেন-অক্সাইডসমূহ অবশোষিত করা হইল এবং তৎপরে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট (pyrogallate) দ্বারা অবিক্রিয়িত অক্সিজেনকেও অবশোষিত করা হইল। এই সব প্রক্রিয়ার পর গ্লোবে যে গ্যাস অবশিষ্ট রহিল, দেখা গেল তাহা অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। এই জন্য র‍্যামজে ইহার নামকরণ করিলেন আর্গন (অলস)।


$$N_2+O_2 \rightarrow NO \xrightarrow{O_2} NO_2 \xrightarrow{NaOH} NaNO_2+NaNO_3+H_2O$$

এই সময় র‍্যালে-ও স্বতন্ত্রভাবে বায়ু হইতে আর্গনকে পৃথক করিলেন। লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া বায়ুকে পুনঃ পুনঃ পরিচালিত করিয়া বায়ুকে প্রথমে অক্সিজেন-মুক্ত এবং পরে অক্সিজেনমুক্ত বায়ুকে পুনঃ পুনঃ উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর পরিচালিত করিয়া নাইট্রোজেনমুক্ত করা হইল। তখন যে গ্যাসীয় অবশেষ পাওয়া গেল, তাহা সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয় এবং তাহার ঘনত্ব 19.9। এই নতুন গ্যাসটি এমনকি স্ফুলিঙ্গ প্রয়োগেও ক্লোরিন বা ফ্লুরিনের সঙ্গে কোন প্রকার বিক্রিয়া করিল না।


$$\underset{(N_2,\,O_2,\,Ar)}{\text{বায়ু}} \xrightarrow[(-O_2)]{\text{লোহিত তপ্ত কপার}} N_2,\,Ar \xrightarrow[(-N_2)]{\text{উত্তপ্ত } Mg} Mg_3N_2+Ar$$

1868 সালে ভারতে দৃশ্য এমন পূর্ণ সূর্যগ্রহণের সময় জানসেন (Janssen) গ্যাসীয় সৌর আবরণের উপর বর্ণক্রমীয় পরীক্ষায় একটি স্পষ্ট পীত রেখা আবিষ্কার করেন। এই রেখা সোডিয়ামের $D_1$ ও $D_2$ রেখা হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র ছিল। জানসেন এই রেখার নাম দিলেন $D_3$-রেখা। পরে ফ্রাঙ্কল্যাণ্ড (Frankland) এবং লকিয়ার (Lockyer) নানা পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর এই সিদ্ধান্তে উপনীত হইলেন যে, উক্ত রেখা কোন অপার্থিব নতুন মৌলের সূচক—যাহা কেবল গ্যাসীয় সৌর আবরণেই বর্তমান। গ্রীক 'হেলিওস' (halios, অর্থ সূর্য) শব্দ হইতে উহার নামকরণ করা হইল হিলিয়াম।

এদিকে র‍্যামজে বায়ু ছাড়া অন্য উৎসে আর্গনের সন্ধান করিতে লাগিলেন। 1889 সালে হিলডেব্র্যাণ্ড (Hildebrand) ক্লিভাইট (cleviete) নামীয় কোন ইউরেনিয়াম-খনিজ পদার্থে অন্তর্ধৃত একটি গ্যাসের অস্তিত্বের কথা ঘোষণা করিলেন। এই গ্যাসটি ঐ খনিজ পদার্থটিকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে উত্তপ্ত করিয়া পাওয়া গিয়াছিল। র‍্যামজে উক্ত গ্যাস ভাল করিয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন যে, উহাতে শতকরা 20 ভাগ নাইট্রোজেন আছে। তখন র‍্যালে-পদ্ধতি অনুযায়ী সেই নাইট্রোজেনকে বিতাড়িত করিয়া অবশিষ্ট যে-গ্যাস পাইলেন তাহা $D_3$-রেখা-সমন্বিত বর্ণালী দিল। ইহাই পার্থিব হিলিয়ামের প্রথম সন্ধান। যদিও বায়ুতে হিলিয়ামের অস্তিত্ব সর্বপ্রথম দেখান বিজ্ঞানী কাইজার (Kaiser, 1895)।

ক্রমে হিলিয়াম ও আর্গনের ঘনত্ব এবং একপরমাণুকতা নির্ণীত হইল। হিলিয়াম ও আর্গনের পারমাণবিক গুরুত্ব দেখা গেল যথাক্রমে 4 এবং 39.94 (স্থূলতঃ 40)।

অল্পকাল পরেই (1898) র‍্যামজে এবং ট্রাভার্স (Ramsay and Travers) তরল বায়ুকে অংশপাতিত করিয়া অপেক্ষাকৃত অধিক উদ্বায়ী অংশ হইতে আর একটি নতুন নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কার করিলেন এবং তাহার নাম দিলেন নিয়ন (অর্থাৎ 'নতুন')। উহার ঘনত্ব ও আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 10.1 এবং 20.2। গ্যাসটি একপরমাণুক বলিয়া উহার পারমাণবিক গুরুত্বও 20.2।

একই বছরে তরলবায়ুর অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী অংশ হইতে র‍্যামজে ও ট্রাভার্স আরও দুইটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস পৃথক করিলেন এবং তাহাদের নাম দিলেন ক্রিপটন (অর্থ, 'গুপ্ত') এবং জেনন (অর্থ, 'আগন্তুক')।

ইহার কয়েক বছর পরে শেষ নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি আবিষ্কৃত হইল রেডিয়ামের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় জাত পদার্থ হইতে (Dorn, 1900, Schmidt 1918)। স্মিড উহার নাম দেন র‍্যাডন।

১০-৪। **তরল বায়ু হইতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহের প্রস্তুতি।** বিভিন্ন নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিকে পৃথক করার জন্য প্রধানতঃ দুইটি পদ্ধতির প্রচলন হইয়াছে।

(১) **তরলবায়ুর আংশিক পাতন সাহায্যে।** বায়ুকে প্রথমে অতি শীতল অবস্থায় উপযুক্ত চাপে তরল করিয়া লওয়া হয়। তারপর সেই তরলবায়ুকে ক্লডের যান্ত্রিক সরঞ্জাম সাহায্যে অংশপাতিত করিয়া বিভিন্ন উপাদান পৃথক করা হয়। বিভিন্ন উপাদান গ্যাসগুলির স্ফুটনাঙ্ক নিম্নরূপ :

| | |
|---|---|
| He — 4°K | Kr — 121°K |
| Ne — 27°K | Xe — 164°K |
| Ar — 87°K | $O_2$ — 90°K |
| | $N_2$ — 77°K |

পাতিত তরল তিনটি অংশে প্রথমতঃ বিভক্ত করা হয়।

(ক) অধিকতর উদ্বায়ী অংশে থাকে—তরল নাইট্রোজেনের সঙ্গে নিয়ন এবং হিলিয়াম ($N_2$, He, Ne)।

(খ) অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী অংশে পাওয়া যায় তরল অক্সিজেনের সঙ্গে আর্গন।

(গ) অবশেষের মধ্যে থাকে প্রধানতঃ তরল অক্সিজেনের সঙ্গে আর্গন এবং ক্রিপটন ও জেনন।

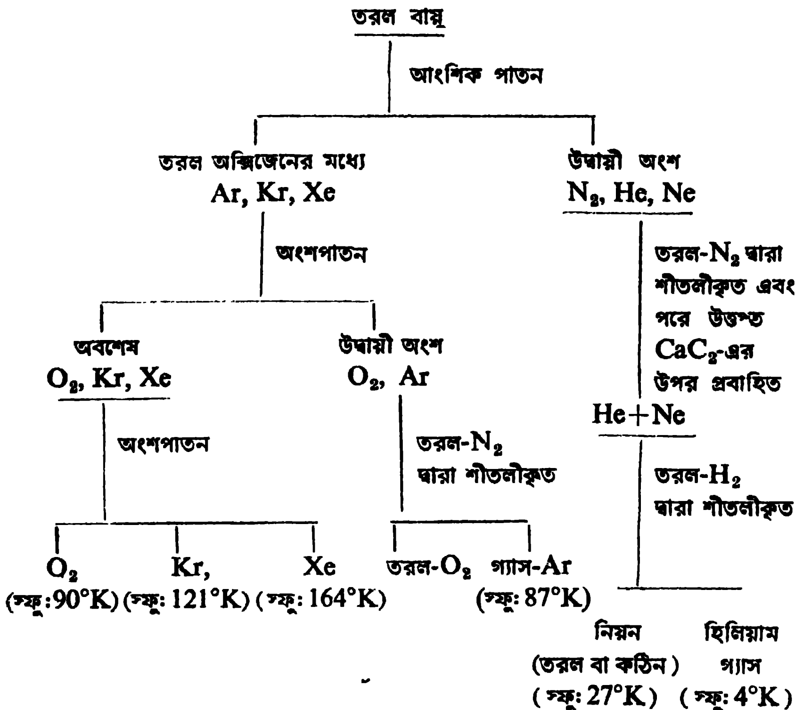
এই বিভিন্ন অংশগুলিকে আবার পৃথক পৃথক অংশপাতিত করা হয়।

(১) তরল নাইট্রোজেনদ্বারা শীতলীকৃত পেঁচান নলের মধ্যে দিয়া প্রথম উদ্বায়ী অংশ (ক) প্রবাহিত করিলে মিশ্রণের অধিকাংশ নাইট্রোজেন তরলীকৃত হইয়া যায় কিন্তু হিলিয়াম ও নিয়ন, তরল হয় না, গ্যাস অবস্থাতেই বাহির হইয়া আসে। সামান্য পরিমাণ নাইট্রোজেনও সঙ্গে থাকে। এখন গ্যাসীয় মিশ্রণটি উত্তপ্ত $CaC_2$-এর উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহা নাইট্রোজেন মুক্ত হয়। অতঃপর তরল হাইড্রোজেনদ্বারা শীতলীকৃত পেঁচান নলের মধ্য দিয়া হিলিয়াম ও নিয়নের বর্তমান মিশ্রণটি প্রবাহিত করিলে নিয়ন প্রথমে তরলীভূত—পরে ঘনীভূত হইয়া রহিয়া যায়, কিন্তু হিলিয়াম গ্যাসীয় অবস্থায় পলায়ন করে। হিলিয়াম ও নিয়ন এইভাবে পৃথক পাওয়া যায়।

(২) তরল নাইট্রোজেনদ্বারা শীতলীকৃত পেঁচান নলের মধ্যে দ্বিতীয় অংশ আর্গনযুক্ত

অক্সিজেন প্রবাহিত করিলে অক্সিজেন সহজেই তরলীভূত হইয়া যায় এবং গ্যাসীয় আর্গন আলাদা হইয়া পড়ে।

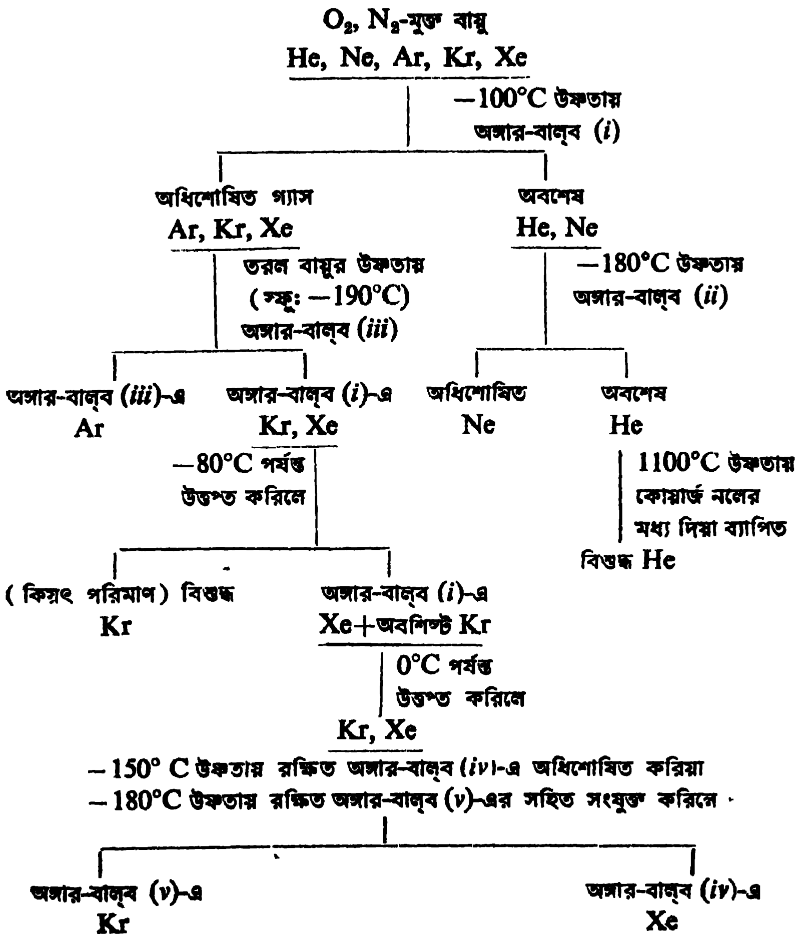
(৩) অবশেষটি (গ) কিঞ্চিৎ বাষ্পীভূত করিলে অক্সিজেন বহুলাংশে বিতাড়িত হয়। পরে আংশিক পাতনের দ্বারা অবশিষ্ট অক্সিজেন, এবং ক্রিপটন ও জেননকে পৃথক করা সম্ভব। নীচে অংশপাতনের প্রবাহ-চিত্র (Flow sheet) দেওয়া হইল:




(২) দ্বিতীয় প্রণালী। ডেওয়ারের নারিকেল-অঙ্গার পদ্ধতি (Dewar's cocoanut charcoal method)। এই পদ্ধতিতে বাতাসের অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনকে র‍্যালে বা র‍্যামজে প্রথায় প্রথমতঃ সরাইয়া লওয়া হয়। অবশিষ্ট গ্যাসে থাকে পাঁচটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস। এই গ্যাসগুলিকে অতি নিম্ন বিভিন্ন উষ্ণতায় সক্রিয় নারকেল-অঙ্গারে (active cocoanut charcoal) অধিশোষিত করা হয়। ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাস অধিশোষিত হয়। ফলে এই আংশিক অধিশোষণের সাহায্যে উহাদের পৃথক করা যায়। —100°C উষ্ণতায় রক্ষিত সক্রিয় অঙ্গারযুক্ত বাল্বে (*i*) বায়ুস্থ নিষ্ক্রিয়-গ্যাসের মিশ্রণ পরিচালিত করিলে আর্গন, ক্রিপটন ও জেনন বরণাত্মকভাবে অঙ্গার কর্তৃক অধিশোষিত (adsorbed) হয়। অতঃপর অবশিষ্ট হিলিয়াম ও নিয়ন গ্যাসের মিশ্রণ পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া লইয়া অপর একটি বাল্বে —180°C তাপমাত্রায় সক্রিয় অঙ্গারে অধিশোষণ করান হয়। এইবার শুধু নিয়ন অধিশোষিত হয় এবং হিলিয়াম গ্যাস পাম্পের সাহায্যে অনাত্র প্রেরিত হয়।

এখন অধিশোষিত গ্যাস-মিশ্রণযুক্ত প্রথম বাল্‌বটি, তরল বায়ুর উষ্ণতায় (—190°C) রক্ষিত তৃতীয় কোন অঙ্গার-বাল্‌বের সহিত যুক্ত করিলে আর্গন গ্যাসটি বাহির হইয়া আসিবে, কিন্তু ক্রিপটন ও জেনন প্রথম বাল্‌বেই অধিশোষিত অবস্থায় থাকিয়া যাইবে।

অধিশোষিত ক্রিপটন ও জেনন সহ প্রথম বাল্‌বটি এইবার —80°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে কেবল বিশুদ্ধ ক্রিপটন আংশিকভাবে বাহির হইয়া আসিবে। কিন্তু 0°C পর্যন্ত অধিক উষ্ণতায় ক্রিপটন ও জেনন উভয়ই মুক্ত হইবে এবং —150°C উষ্ণতায় রক্ষিত চতুর্থ অঙ্গার-বাল্‌বে অধিশোষিত হইবে। এই চতুর্থ বাল্‌বটি যদি —180°C উষ্ণতায় রক্ষিত পঞ্চম অঙ্গার-বাল্‌বের সহিত যুক্ত করা হয় তবে ক্রিপটন পঞ্চম বাল্‌বে চলিয়া যাইবে, কিন্তু জেনন চতুর্থ বাল্‌বেই থাকিয়া যাইবে। এইভাবে সবকয়টি নিষ্ক্রিয় গ্যাসকে পৃথক করা যায়। নিম্নে পদ্ধতিটির প্রবাহ-চিত্র দেওয়া গেল।



১০-৫। **হিলিয়াম।** হিলিয়াম বায়ুতে নামমাত্র পরিমাণে থাকে। তেজস্ক্রিয় পদার্থে অধিধারিত (অন্তর্ধৃত) অবস্থায় থাকে। ভারতের ট্রাভাঙ্কোর অঞ্চলে যে থোরিয়াম খনিজ মনাজাইট বালু পাওয়া যায় তাহাতে প্রতি গ্রামে মোটামুটি 1·0 সিঃসিঃ হিলিয়াম থাকে। এতদ্‌ব্যতীত যুক্তরাষ্টের কান্‌সাস অঞ্চলে যে প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায় তাহাতে প্রায় 8% হিলিয়াম আছে। ঐ হিলিয়াম প্রধাণতঃ নাইট্রোজেন ও মিথেনের সহিত মিশ্রিত থাকে। পূর্বোল্লিখিত তরল বায়ুর আংশিক পাতন (পূর্বে আলোচিত) এবং মনাজাইট অথবা ক্লিভাইটের লঘু সালফিউরিক যোগে উত্তপ্তকরণদ্বারা হিলিয়াম সংগ্রহ করা হয়। কিন্তু প্রাকৃতিক গ্যাস হইতেই অধুনা প্রচুর পরিমাণে হিলিয়াম গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। হঠাৎ ঠাণ্ডা করিয়া (chilling) এই গ্যাস মিশ্রণটি হইতে প্রথমতঃ জলীয় বাষ্প, কার্বন-ডাই অক্সাইড ও কয়েকটি হাইড্রোকার্বন দূরীভূত করা হয়। পরে 180 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে $-190°$ উষ্ণতায় (তরল বায়ুর উষ্ণতা) গ্যাস-মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করা হয়। ফলে নাইট্রোজেন ও অন্যান্য হাইড্রোকার্বন তরলীভূত হইয়া যায় এবং হিলিয়াম গ্যাস অবশিষ্ট থাকে।

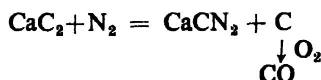
১০-৬। **আর্গন।** বায়ুতে আর্গনের পরিমাণ 0·93% আয়তনের শতাংশে। বায়ুর নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির মধ্যে ইহার পরিমাণই সমধিক।

প্রস্তুতি: (১) তরল বায়ুর আংশিক পাতন

(২) র‍্যালে প্রণালীতে অবিশুদ্ধ আর্গন

(৩) র‍্যামজে প্রণালীতে অবিশুদ্ধ আর্গন

এইসব পদ্ধতির কথা পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। ইহা ছাড়া ফিশার ও রিঙের প্রণালীতে (Fisher & Ringe) আজকাল আর্গন তৈয়ারী হয়। অবশ্য অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় এই প্রণালীতে আর্গন প্রস্তুত হয়। 800°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত লৌহ-রেটর্টে $CaC_2$ (90 ভাগ) এবং $CaCl_2$ (10 ভাগ)-এর মিশ্রণ লওয়া হয়। ঐ মিশ্রণে শুষ্ক বায়ু প্রবাহিত করা হয়। ফলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যথাক্রমে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। পরে অবশিষ্ট গ্যাস উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া পরিচালিত করিয়া CO-কে (যদি কিছু গঠিত হইয়া থাকে) জারিত করা হয় এবং কস্টিক পটাস দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করিয়া উৎপন্ন $CO_2$-কে অবশোষিত করা হয়। শেষে $P_2O_5$-দ্বারা গ্যাসটিকে শুষ্ক করা হয়।



$$CaC_2+N_2 = CaCN_2 + C \xrightarrow{O_2} CO$$



$$2CO+O_2 \rightleftharpoons 2CO_2$$



$$2CaC_2+3CO_2 = 2CaCO_3+5C.$$

১০-৭। **ভৌত ধর্ম।** ইহারা সকলেই বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। ইহাদের তরলীকরণ কষ্টসাধ্য। ইহারা সকলেই একপরমাণুক, আপেক্ষিক তাপের অনুপাত, $\gamma = C_P/C_V = 1.67$ (স্থূলতঃ)। ইহারা জলে সামান্য দ্রবণীয়। নিম্নচাপে ইহারা সকলেই যথেষ্ট বিদ্যুৎপরিবাহী। হিলিয়াম, র‍্যাডন বাদে নিম্ন উষ্ণতায় ইহারা সকলেই নারিকেল-অঙ্গার দ্বারা

অধিশোষিত হয়। ইহাদের মধ্যে কেবল র‍্যাডন তেজস্ক্রিয়। ইহাদের মধ্যে হিলিয়াম সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা এবং সব চাইতে কম দ্রবণীয়। কিন্তু উহার তরলীকরণ সর্বাপেক্ষা কষ্টসাধ্য। নিম্নে ইহাদের ভৌতধর্মের একটি সারণী দেওয়া হইল।

| | He | Ne | Ar | Kr | Xe | Rn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| পরমাণু ক্রমাঙ্ক | 2 | 10 | 18 | 36 | 54 | 86 |
| পা: গুরুত্ব | 4 | 20.18 | 39.95 | 83.8 | 131.3 | 222 |
| আইসোটোপ সংখ্যা | 2 | 3 | 3 | 6 | 9 | 2 |
| বহিঃ স্তরের ইলেকট্রন | $1s^2$ | $2s^22p^6$ | $3s^23p^6$ | $4s^24p^6$ | $5s^25p^6$ | $6s^26p^6$ |
| আয়ন বিভব (ev) | 24.5 | 21.5 | 15.7 | 13.9 | 12.1 | 10.7 |
| গলনাঙ্ক °K | 1(0.9) | 24.4 | 84 | 116 | 161 | 202 |
| স্ফুটনাঙ্ক °K | 4.2 | 27 | 87 | 121 | 164 | 211 |
| ক্রান্তিক উষ্ণতা | 3.1 | 44 | 51 | 211 | 290 | 378 |
| জলে অবশোষণ গুণাঙ্ক (25°C) | 0.0097 | 0.014 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 0.51 |
| ঘনত্ব (g/L) | 0.1785 | 0.9004 | 1.784 | 3.708 | 5.851 | 9.73 |
| $C_P/C_V$ | 1.6542 | 1.642 | 1.65 | 1.689 | 1.666 | —— |

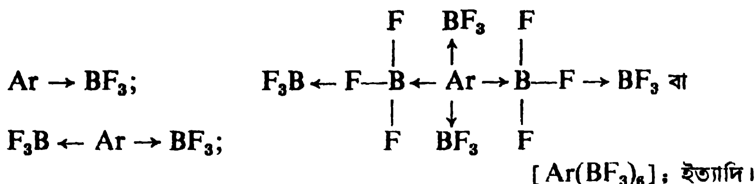
এই গ্যাসগুলির মধ্যে হিলিয়ামের একটা বিশেষত্ব আছে। হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্য যে কোন গ্যাস অপেক্ষা হিলিয়াম হাল্‌কা। হিলিয়ামের জল বা অন্য কোন দ্রাবকে দ্রাব্যতা অন্য যে কোন গ্যাস অপেক্ষা অত্যন্ত কম, প্রায় নাই বলিলেই চলে। হিলিয়ামের তরলীকরণ অন্য কোন গ্যাসের তুলনায় খুব কঠিন। জুল-টমসন প্রক্রিয়ায় হঠাৎ প্রসারিত করিয়া উহাকে অত্যন্ত শীতল অবস্থায় (15°K) ঠাণ্ডা করিয়া ক্যামারলিঙ-ওনেস উহাকে তরলিত করিতে সক্ষম হন (1907)। এই তরলের স্ফুটনাঙ্ক 4.2°K এবং ঘনত্ব 0.122। দ্রুত বাষ্পায়িত করিয়া উহার তাপমাত্রা 0.82°K করিলেও উহা তরল অবস্থাতেই রহিয়া গেল। 1926 সনে কিসম (Keesom) খুব উচ্চচাপে (26 atm) তরল হিলিয়ামকে 1°K তাপমাত্রায় নিতে সক্ষম হওয়াতে কঠিন হিলিয়াম পাইতে সমর্থ হইলেন। এই কঠিন হিলিয়াম অত্যন্ত অস্থায়ী।

তরল হিলিয়ামের দুইটি রূপভেদ আছে He-I এবং He-II এবং উহাদের ভৌত-ধর্মের, যথা, ঘনত্ব, সান্দ্রতা, আপেক্ষিক তাপ, বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা ইত্যাদি সবই স্বতন্ত্র। He-II-এর তলটান খুব কম। উহা অনায়াসে কাচের পাত্রের গা বাহিয়া উপরে উঠিয়া পাত্রের বাহিরে চলিয়া আসে।

৮। **রাসায়নিক ধর্ম।** ইলেকট্রনীয় অষ্টক বিন্যাসের জন্য শূন্য শ্রেণীর অন্তর্গত মৌলগুলি যৌগ গঠনে সাধারণতঃ অসমর্থ। হিলিয়াম বাদে উহাদের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $ns^2np^6$, (n = শেষ মুখ্য কোয়ান্টাম সংখ্যা।) হিলিয়ামের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস হইল $1s^2$। সর্বত্রই বহিস্থ কক্ষের ইলেকট্রনগুলি যুগ্মীকৃত (paired) এবং সম্পৃক্ত।

এতৎসত্ত্বেও বিশেষ কোন কোন ক্ষেত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাসকর্তৃক যৌগ-গঠনের প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে।

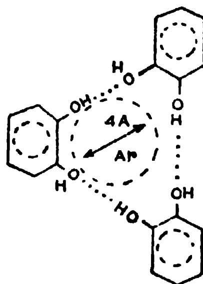
(ক) **সবর্গ-যৌগ গঠন।** আর্গনের ক্ষেত্রে $BF_3$-এর সঙ্গে এইরূপ যৌগগঠনের সংবাদ পাওয়া যায়। উহাদের সংকেত মোটামুটি $Ar(BF_3)_n$, ($n = 1, 2, 3, 6, 8$, এবং $16$)। আর্গনের মোট অনাবদ্ধ চারিটি ইলেকট্রন-জোড় আছে। কাজেই একটি আর্গন পরমাণুর সঙ্গে সর্বাধিক চারিটি $BF_3$-অণু সবর্গীকৃত হইবার কথা। কিন্তু এই সংখ্যা 16 পর্যন্ত হইতে দেখা যায়। সুতরাং সেইসব ক্ষেত্রে বোধ হয় $BF_3$-এর 'F' এর সঙ্গে অন্য $BF_3$-অণুর সবর্গীকরণ (co-ordination) ঘটিয়া থাকে। যেমন:




$[Ar(BF_3)_6]$; ইত্যাদি।

(খ) **ক্ল্যাথরেট (Clathrate) বা অবরোধ যৌগ।** এই জাতীয় যৌগে বিশেষ বিশেষ জৈব বা অজৈব যৌগের কেলাস-জালকের অবকাশের মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাস আটক বা অবরুদ্ধ হইয়া পড়ে।

নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (10—40 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে) উপস্থিতিতে অর্থো-কুইনলে জলীয় বা কোহলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে যে-সকল স্ফটিক পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে নিষ্ক্রিয় গ্যাসটি অবরুদ্ধ থাকে। তাপ-প্রয়োগে বা জলে দ্রবীভবনে উক্ত গ্যাস মুক্ত হইয়া যায়। আর্গন-ক্ল্যাথরেটের সংরচনা $Ar(C_6H_6O_2)_3$। ক্রিপটন ও জেনন বিভিন্ন সংরচনার অনুরূপ যৌগ গঠন করিয়া থাকে। কিন্তু ক্ষুদ্রাকৃতির জন্য হিলিয়াম বা নিয়ন এই জাতীয় যৌগ গঠন করে না।



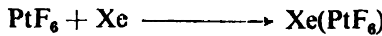

চিত্র ১০-খ

তথাকথিত নিষ্ক্রিয় গ্যাস-হাইড্রাইডগুলিও বস্তুতঃ ক্ল্যাথরেট যৌগ। উহাদের সংরচনা মোটামুটি $X, 6H_2O$, যেখানে $X = Ar, Kr, Xe$। কাহারও কাহারও মতে আর্গন প্রভৃতির অণু ধ্রুবীয় জলের অণুদ্বারা আবিষ্ট হইয়া ধ্রুবীয় হইয়া পড়ে। তখন উভয়ের ভিতরে আকর্ষণ হওয়ার ফলে যুতযৌগের উদ্ভব ঘটে। হিলিয়াম বা নিয়ন এই জাতীয় হাইড্রেট গঠন করে না।

(গ) **উত্তেজিত অবস্থায় যৌগ গঠন।** বিদ্যুৎ মোক্ষণ কালে (glow discharge) পারদ যথেষ্ট সুস্থির মারকারি-হিলাইড, $HgHe_{10}$ যৌগ গঠন করে। আবার হিলিয়াম গ্যাসের পরিবেশে টানস্টেন ইলেকট্রনরশ্মিদ্বারা আক্রান্ত হইলে, টানস্টেন হিলাইড, WHe গঠিত হয়। হিলিয়ামপূর্ণ মোক্ষণনলে বিশেষ বিশেষ ধাতুকে তড়িদ্দ্বাররূপে ব্যবহার করিলে উহারাও সময় সময় হিলাইড-যৌগ গঠন করে, যথা $Pt_3He$,

PdHe, BiHe। অবশ্য অনেকের ধারণা ইহারা বস্তুতঃ অধিশোষণ-যৌগ (Adsorption compounds)।

(ঘ) **যথার্থ যৌগ গঠন।** আধুনিক পরীক্ষায় জানা গিয়াছে অপেক্ষাকৃত ভারী নিষ্ক্রিয়-গ্যাসগুলি (Kr, Xe, Rn)—বিশেষতঃ জেনন (Xe) সত্য সত্যই ফ্লুরিন ও অক্সিজেনের সঙ্গে যথার্থ যৌগ গঠন করে। সর্বপ্রথম আবিস্কৃত এই জাতীয় যৌগ হইল, $Xe(PtF_6)$.

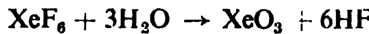


$$PtF_6 + Xe \xrightarrow{\text{সাধারণ উষ্ণতা}} Xe(PtF_6)$$

গাঢ় লাল বাষ্প — পীত রঙের কঠিন পদার্থ

অক্সিজেন এবং ভারী নিষ্ক্রিয় গ্যাস (Kr, Xe) এর আয়নীয় বিভব মাত্রা (ionisation potential) প্রায় সমান। $\epsilon_{O_2} = 12.2$ ev, $\epsilon_{Xe} = 12.13$ ev। এই কারণে এবং অন্যান্য ধর্মের বিবেচনা করিয়া পাউলিং ভবিষ্যদ্বানী করিয়াছিলেন যে $H_4XeO_6$, $Ag_4XeO_6$ এই প্রকারের যৌগ পাওয়ার সম্ভাবনা আছে। বস্তুতঃ তাহাই হইয়াছে।

পরে মৌলসকলের সরাসরি সংযোগ তৈরী হয়, $XeF_2$, $XeF_4$ ও $XeF_6$। ইহারা সকলেই বর্ণহীন কঠিন কেলাস এবং সাধারণ উষ্ণতায় যথেষ্ট সুস্থির। এই যৌগগুলি HF-এ দ্রবণীয়, কিন্তু জলের দ্বারা আদ্র´-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। $XeF_4$ ও $XeF_6$-এর আদ্র´-বিশ্লেষণে উৎপন্ন হয় $XeO_3$। ইহা একটি সুস্থির সাদা রঙের কঠিন কেলাস।



$$XeF_6 + 3H_2O \rightarrow XeO_3 + 6HF$$

অন্যান্য ফ্লুরাইডের মধ্যে $RnF_2$, $KrF_4$ উল্লেখযোগ্য। $XeOF_4$ ও $XeOF_3$ যৌগ দুইটির অস্তিত্বও ভর-বর্ণক্রমীয় পরীক্ষায় (mass spectroscopy) জানা গিয়াছে। $Na_4XeO_6$, $Ba_3XeO_6$ ইত্যাদি যৌগও পাওয়া গিয়াছে।

৯। **ব্যবহার।**

**হিলিয়াম:** (ক) বেলুন ও উড়োজাহাজে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন অপেক্ষা ভারী হইলেও ইহার উত্তোলন ক্ষমতা হাইড্রোজেনের কাছাকাছি অথচ ইহা অদাহ্য—এইজন্য এই কার্যে হাইড্রোজেন অপেক্ষা হিলিয়াম অধিক উপযোগী।

(খ) ইহা নাইট্রোজেনের ন্যায় রক্তে সহজে দ্রবীভূত হয় না। এইজন্য ডুবুরি-যন্ত্রে অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ব্যবহৃত হয়।

(গ) নিম্ন উষ্ণতার গবেষণার কাজে তরল হিলিয়াম ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) ধাতু ও ধাতুসংকরের ঢালাই-এর সময়ে নিষ্ক্রিয় পরিবেশ সৃষ্টির জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়।

**নিয়ন:** ইহার প্রধান ব্যবহার আলোক-উৎপাদন (illumination) এবং আলোক-সজ্জায়। 'নিয়ন-টিউবে' ইহা অত্যুজ্জ্বল লাল আলো দেয়। পারদ বাষ্পের সহিত মিশ্রিত থাকিলে সবুজ বা নীল আলো পাওয়া যায়। নিয়ন, আর্গন ও পারদবাষ্প একত্রে ফিকে নীল আলো দিয়া থাকে। বিভিন্ন রঙের কাচ ব্যবহার করিয়া আলোর বৈচিত্র্য সৃষ্টি সম্ভব। নিয়ন-আলো কুয়াশার মধ্যেও দৃশ্য—এইজন্য পাইলটগণ আলোক-সঙ্কেতরূপ এই আলো ব্যবহার করিয়া থাকেন।

**আর্গন:** ইহার প্রধান ব্যবহার ইলেকট্রিক বাল্‌ব পূরণে। বাল্‌বে এই গ্যাস থাকার দরুণ টানস্টেন-সূত্র (filament) সহজে বাষ্পীভূত হয় না এবং বাল্‌বের পরমায়ু বহুলাংশে বর্ধিত হয়। রেডিওর 'ভাল্‌ব' ও 'রেক্টিফায়ারে' এই গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

প্রতিপ্রভ-নলেও (fluorescent) এই জাতীয় নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যবহৃত হয়। উক্ত কাচনলগুলি ভিতরের দিকে Zn বা Cd-সিলিকেট জাতীয় একটি প্রতিপ্রভ পদার্থের (যাহার সাধারণ নাম 'ফসফার') প্রলেপ থাকে। এই প্রলেপ অতিবেগুনী আলো-কে দৃশ্য আলোতে পরিণত করিয়া দেয়।

**ক্রিপটন ও জেনন:** ইলেকট্রিক বাল্‌ব-পূরণে এই দুইটি গ্যাস আর্গন অপেক্ষা শ্রেয়ঃ। খনি-শ্রমিকদের 'ক্যাপ-ল্যাম্পে' ক্রিপটন থাকে। গ্যাস-মোক্ষণ ল্যাম্পে ক্রিপটন ব্যবহারে দিনের আলো পাওয়া যায়। দ্রুতগতি ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত ফ্ল্যাশ-লাইটে জেনন থাকে।

**র‍্যাডন:** রেডিও-চিকিৎসায় শরীরে ক্ষতিকর বৃদ্ধিনাশে ব্যবহৃত হয়।

## অনুশীলনী

১। হিলিয়াম পাওয়ার উৎস কি কি? হিলিয়াম অবিষ্কারের ইতিহাস এবং কিভাবে হিলিয়াম পাওয়া যায় উহা বর্ণনা কর। উহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

২। 'বিরল গ্যাসগুলির' আবিষ্কারের সম্বন্ধে একটি নিবন্ধ লিখ। উহাদের কিভাবে পৃথক পাওয়া যায়? উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

৩। আর্গন এবং হিলিয়ামের আবিষ্কার ও পৃথকীকরণ সম্পর্কে যাহা জান লিখ। পর্যায় সারণীতে উহাদের কোথায় এবং কিভাবে স্থান দেওয়া হইয়াছে লিখ।

৪। নিষ্ক্রিয় গ্যাস আবিষ্কারের ইতিহাস বর্ণনা কর। বায়ু হইতে কি উপায়ে আর্গন পাওয়া যাইতে পারে এবং কি উদ্দেশ্যে আর্গন ব্যবহার করা যায়?

৫। 'নিষ্ক্রিয় গ্যাস' উদ্ভূত যৌগগুলির একটি বিবরণ দাও। এই গ্যাসগুলির কি কি ব্যবহার হয়?

পরিচ্ছেদ ১১

# হাইড্রোজেন

চিহ্ন H, ক্রমাঙ্ক 1, পাঃ গুরুত্ব 1.0078, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^1$

**১১-১। প্রাপ্তিস্থান।** বায়ুতে মৌলিক হাইড্রোজেনের পরিমাণ নগন্য ( 200,000 ভাগের মধ্যে এক ভাগেরও কম ) হইলেও যৌগাবস্থায় ইহা নানাভাবে সর্বত্র পরিব্যাপ্ত। ইহার প্রধান উৎস জল। তাহা ছাড়া অধিকাংশ অ্যাসিড, ক্ষার ও জৈবযৌগের ইহা অন্যতম উপাদান। সূর্য-পরিবেষ্টনীতে হাইড্রোজেন প্রচুর বর্তমান এবং এই হাইড্রোজেনের অবিরাম পরিবর্তনই সৌর শক্তির উৎস বলিয়া মনে করা হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসেও অল্প পরিমাণে ইহার অস্তিত্ব পরিলক্ষিত হয়। এই গ্যাস প্রথম সঠিকভাবে প্রস্তুত করেন ক্যাভেণ্ডিস ( Sir Henry Cavendish )। তিনি ইহার নাম দেন 'দাহ্যবায়ু'। পরে ল্যাভয়সিয়র ইহার নামকরণ করেন 'হাইড্রোজেন' বা জল-জনিতা। যেহেতু পুড়িয়া ইহা জলে পরিণত হয়।

**১১-২। পর্যায়-সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান।** পর্যায়-সূত্রের ইহা আদি মৌল। ইহার ধর্মে এত বৈচিত্র্য দেখা যায় যে অনায়াসে ইহাকে প্রথম শ্রেণীতে ক্ষার ধাতুর শীর্ষে বসান যায়। আবার অপরাপর সাদৃশ্যের জন্য ইহাকে সপ্তম শ্রেণীর শীর্ষেও স্থান দেওয়া যাইতে পারে।

ক্ষার ধাতুর মত ইহার যোজ্যতা 'এক'। জলীয় দ্রবণে ইহা জলযোজিত ধনাত্মক আয়ন $H_3O^+$ সৃষ্টি করে।

আবার, হ্যালোজেনের মত ইহা অধাতু, গ্যাসীয় এবং দ্বি-পরমাণুক। এমন কি কোন কোন যৌগে ইহা ঋনাত্মক, যেমন ক্ষারধাতুর হাইড্রাইডে, $LiH \rightarrow Li^+ + H^-$। বিগলিত লিথিয়াম হাইড্রাইডের তড়িৎবিশ্লেষণে অ্যানোডে হাইড্রোজেন নির্গত হয়। ইহার অনেক যৌগেতেই হ্যালোজেনের মত 'এক' সমযোজ্যতা দেখায়; যথা, $H_2$, HCl-গ্যাস প্রভৃতিতে। সারণীতে হাইড্রোজেন এবং ফ্লুরিনের মধ্যে পাঃ গুরুত্বের পার্থক্য 18, হ্রস্ব পর্যায়ের প্রথম দুই শ্রেণীর মধ্যে ইহাই থাকা প্রয়োজন। হ্যালোজেন শ্রেণীর উপরে ইহাকে স্থান দিলে হাইড্রোজেন ও তৎপরবর্তী মৌল হিলিয়ামের মধ্যে কোনও ফাঁক থাকে না।

ইহা ছাড়াও হাইড্রোজেনের আরও অনেক অদ্ভুত ধর্ম আছে। বোরণ হাইড্রাইডে ইহা 'এক-ইলেকট্রন' যোজ্যতা দেখায়। ধাতুর সঙ্গে আবার ধাতব বন্ধনী সৃষ্টি করে। অতি ঋণাত্মক ক্ষুদ্র পরমাণুর সঙ্গে ইহা হাইড্রোজেন-বন্ধনীদ্বারা বিধৃত থাকে। এই সকল আচরণবৈশিষ্ট্য উহার সূক্ষ্ম আকার এবং ইলেকট্রন-বিন্যাসদ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়।

**১১-৩। হাইড্রোজেন প্রস্তুতি।** হাইড্রোজেন নানা উপায়ে প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

**(অ) অ্যাসিড হইতে:** অনেক ধাতুই বিভিন্ন অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে অপসারিত

করিয়া থাকে। তড়িচ্চালক-বলের শ্রেণীতে (e.m.f. series) যাহাদের অবস্থান হাইড্রোজেনের ঊর্ধ্বে কেবল তাহারাই এই কার্যে সক্ষম।



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$



$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow \; ; \quad Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 \uparrow$$

অবশ্য এইভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। ইহাতে সামান্য আরসাইন ($AsH_3$), ফসফাইন ($PH_3$), হাইড্রোজেন সালফাইড ($H_2S$), কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি অপদ্রব্য থাকার সম্ভাবনা। ক্রমান্বয়ে সজ্জিত নিম্নলিখিত দ্রবণপূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়া গ্যাসটি প্রবাহিত করিয়া উহাকে শুদ্ধ করা যাইতে পারে:

(ক) লেড নাইট্রেট, $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ ($H_2S$ দূরীকরণের জন্য)

(খ) সিলভার সালফেট, $Ag_2SO_4$ দ্রবণ ($AsH_3$, $PH_3$ দূর করার জন্য)

(গ) গাঢ় কস্টিক পটাস, KOH দ্রবণ ($CO_2$, $SO_2$ দূরীকরণার্থ)

পরে কঠিন $P_2O_5$-এর মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া গ্যাসটি শুষ্ক করা হয় এবং শেষে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

(আ) **ক্ষার হইতে:** উত্তপ্ত গাঢ় কস্টিক ক্ষারের সঙ্গে জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন প্রভৃতি ধাতুর চূর্ণ, অথবা অধাতু সিলিকনের বিক্রিয়াদ্বারা হাইড্রোজেন উৎপাদন হয়।



$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$



$$Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2 + H_2$$



$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$



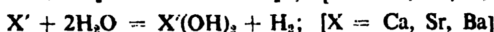
$$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2$$

(ই) **জল হইতে:** জলের সঙ্গে ধাতু বা ধাতুর পারদ সংকরের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে:

(ক) ঠাণ্ডা জলে:



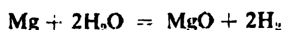
$$2X + 2H_2O = 2XOH + H_2 \; ; \quad [X = Li, Na, K, Rb, Cs]$$



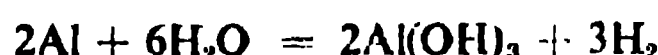
$$X' + 2H_2O = X'(OH)_2 + H_2 ; \quad [X = Ca, Sr, Ba]$$

ক্ষার ধাতুর সহিত বিক্রিয়াটি প্রচণ্ড গতিতে—এমন কি কোন কোন ক্ষেত্রে বিস্ফোরণ-সহ ঘটিয়া থাকে। ক্ষার ধাতুর পারদসংকর ব্যবহার করিলে বিক্রিয়া-গতি মন্দীভূত হয়। মৃৎক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়াটি অবশ্য অতি ধীরগতি।

(খ) ফুটন্ত জলে:



$$Mg + 2H_2O = MgO + 2H_2$$



$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

(গ) স্টীমের সঙ্গে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম বা লৌহ নিম্নরূপ বিক্রিয়া করে:



$$Mg + H_2O = MgO + H_2 ; \qquad 3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$$

শেষোক্ত বিক্রিয়ার সাহায্যে শিল্পে হাইড্রোজেন তৈয়ারি করা হয় এবং তাহা লেন পদ্ধতি (Lane process) নামে পরিচিত। উৎপন্ন আয়রণ অক্সাইডকে (ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড) ওয়াটার গ্যাস ($CO + H_2$) দ্বারা বিজারিত করিয়া পুনঃ পুনঃ ব্যবহৃত হয়।



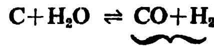
$$Fe_3O_4 + 4CO \rightleftharpoons 3Fe + 4CO_2$$



$$Fe_3O_4 + 4H_2 \rightleftharpoons 3Fe + 4H_2O$$

এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর পর্যায়ক্রমে স্টীম ও ওয়াটার-গ্যাস পরিচালনা করা হয়।

(ঘ) ওয়াটার-গ্যাস হইতে: শ্বেততপ্ত (600°—1000°C) কোকের উপর স্টীম পরিচালিত করিয়া ওয়াটার-গ্যাস তৈয়ারী করা হয়।



$$C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2$$

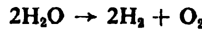
এখন স্টীমের সহিত এই ওয়াটার-গ্যাস মিশ্রিত করিয়া 400°C-উষ্ণতায় উত্তপ্ত অনুঘটক লৌহ-অক্সাইড ও উদ্দীপক (promoter) $Cr_2O_3$-এর উপর প্রবাহিত করা হইলে কার্বন-মনোক্সাইড কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$(CO+H_2)+H_2O \rightleftharpoons CO_2+2H_2$$

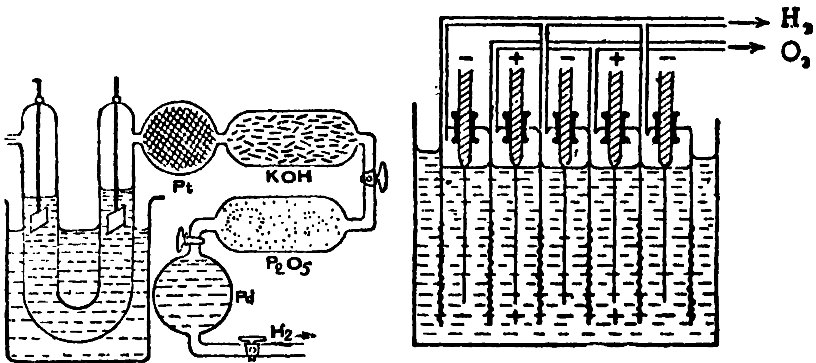
20-30 অ্যাটমসফিয়ার চাপে জলে ধুইয়া $CO_2$-কে দূরীভূত করা হয়। নামমাত্র CO থাকিলে উহা কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে দ্রবীভূত করা হয়। শিল্পে এই পদ্ধতি বস্-পদ্ধতি (Bosch's process) নামে পরিচিত।

(ঙ) জলের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ: জল অতি অল্প পরিমাণে বিদ্যুৎপরিবাহী। সেই জন্য এই কার্যে অ্যাসিড বা ক্ষারের লঘু দ্রবণ লওয়া হয়। লঘু $Ba(OH)_2$ দ্রবণ তড়িদ্‌-বিশ্লেষিত করিয়া নিম্নরূপে বিশুদ্ধতম হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব।



$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

উৎপন্ন অশুদ্ধ হাইড্রোজেন উত্তপ্ত প্লাটিনাম-জালিতে প্রবাহিত করিয়া প্রথমে অক্সিজেন-মুক্ত এবং পরে KOH ও $P_2O_5$ এর উপর প্রবাহিত করিয়া জলীয় বাষ্প ও অন্যান্য গ্যাস হইতে মুক্ত করা হয়। অতঃপর উহা প্যালাডিয়ামের উপর পরিচালিত করা হয়। প্যালাডিয়াম কেবল হাইড্রোজেন গ্যাস অধিশোষিত (adsorbed) করিয়া রাখে। পরে প্যালাডিয়াম বাল্‌বটি উত্তপ্ত করিলেই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে (চিত্র ১১-ক)।




১১-ক। বিশুদ্ধতম হাইড্রোজেন

চিত্র ১১-খ।

শিল্প-প্রয়োজনের $H_2$-গ্যাস প্রায়ই নোলেস (Knowles) সেলে 20% কস্টিক সোডার তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া প্রস্তুত করা হয়। এই কস্টিক সোডা দ্রবণ লৌহ চৌবাচ্চায় লওয়া হয় এবং লৌহপাত তড়িদ্‌দ্বাররূপে ব্যবহৃত হয়। তবে অ্যানোডগুলি নিকেল-প্রলিপ্ত থাকে। সেলে অ্যানোড ও ক্যাথোড পর্যায়ক্রমে (alternately) স্থাপিত। এই

ইলেকট্রোডগুলি অ্যাসবেস্টসের সছিদ্র পাতলা পর্দাদ্বারা পৃথকীকৃত থাকে ( চিত্র ১১-খ)। এইভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন 99.9 % বিশুদ্ধ। এই হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে এবং তৈলের কঠিনীকরণে ( hardening ) বিশেষ উপযোগী।

(চ) হাইড্রাইড হইতে ( হাইড্রোলিথ পদ্ধতি, hydrolith ): $CaH_2$ বা LiH এর সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন তৈয়ারি করা যায়।



$$CaH_2+2H_2O = Ca(OH)_2+2H_2 \; ; \; LiH+H_2O = LiOH+H_2$$

(ছ) প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে : এই গ্যাসে প্রধানতঃ মিথেন $(CH_4)$ থাকে। 700°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেল অনুঘটকের উপর প্রাকৃতিক গ্যাস ও স্টীমের মিশ্রণ প্রবাহিত করিয়া হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।



$$CH_4+2H_2O = CO_2+4H_2$$

উচ্চচাপে জলে শোষিত করিয়া $CO_2$ দূরীভূত করা হয়।

**১১-৪। হাইড্রোজেনের ধর্ম।** গ্যাসীয় হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন উহা দাহ্য ও লঘুতম পদার্থ ; প্যালাডিয়াম কর্তৃক অধিশোষিত বা অধিধারিত হইয়া থাকে।

নিম্ন সারণীতে ইহার ভৌত ধর্ম দেওয়া হইল :

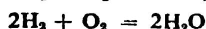
| | | | |
|---|---|---|---|
| পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক . . . | 1 | ক্রান্তিক উষ্ণতা | —234.5 |
| পারমাণবিক গুরুত্ব | 1.0079 | জলে দ্রাব্যতা | 21.5 ( সি-সি:/লিটার ) |
| ইলেকট্রন বিন্যাস | $1s^1$ | আইসোটোপ . . . | 1 (99.985 %) |
| ঘনত্ব ( গ্রাম/লিটার ) | 0.08999 | | 2 ( 0.015 %) |
| গলনাঙ্ক | —259.2 | | 3 ( নামমাত্র ) |
| স্ফুটনাঙ্ক | —252.7 | প্রথম আয়ন বিভব | 13.6 |

রাসায়নিক ধর্ম :

(অ) অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :



$$H_2 + X_2 = 2HX; \quad (X = F, Cl, Br, I)$$



$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$



$$H_2 + S = H_2S$$



$$3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

(আ) ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ( তাপপ্রয়োগে ) :



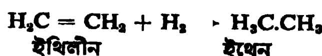
$$2Na + H_2 = 2NaH; \qquad Ca + H_2 = CaH_2$$

(ই) যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া ( বিজারণ ) :



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O; \quad Fe_3O_4 + 4H_2 \rightleftharpoons 3Fe + 4H_2O$$

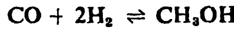
হাইড্রোজেনীকরণ (hydrogenation): অসম্পৃক্ত জৈব যৌগকে হাইড্রোজেনদ্বারা সম্পৃক্ত যৌগে পরিণত করা। এজন্য উত্তপ্ত বিচূর্ণ Ni অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়।



$$\underset{\text{ইথিলীন}}{H_2C = CH_2} + H_2 \rightarrow \underset{\text{ইথেন}}{H_3C.CH_3}$$

অধুনা এই পদ্ধতিতে প্রচুর পরিমাণে তরল তেলকে, তরল বা কঠিন চর্বিতে পরিণত করা হয়। বনস্পতি ঘি এই প্রণালীতেই তৈয়ারী হয়।

বিশেষ ব্যবস্থায় (উচ্চ চাপ ও উত্তপ্ত $ZnO + Cr_2O_3$ যোগে) হাইড্রোজেন CO-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে।



$$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH$$

**ব্যবহার:** (অ) তৈল জাতীয় পদার্থের হাইড্রোজেনীকরণের জন্য, (আ) বিজারণ কার্যে, (ই) অক্সিহাইড্রোজেন শিখায় ঝালাই কাজের উপযোগী উচ্চ উষ্ণতা সৃজনে, (ঈ) বেলুন প্রভৃতিতে উত্তোলক পদার্থরূপে, (উ) অ্যামোনিয়া, মিথাইল কোহল কৃত্রিম পেট্রোল প্রভৃতির শিল্প-প্রস্তুতিতে।

**৯৯-৫। হাইড্রাইড (hydrides):** অপর কোন একটি মৌলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া সমস্ত হাইড্রোজেন যে সকল যৌগ গঠন করে তাহাদিগকে হাইড্রাইড (hydride) বলে। স্থূলভাবে উহারা তিন শ্রেণীর; যথা, (ক) লাবণিক বা আয়নীয় হাইড্রাইড (salt-like or ionic hydrides); যেমন, IA, IIA ও IIIA শ্রেণীর হাইড্রাইড; (খ) আণবিক বা সমযোজী হাইড্রাইড (molecular or covalent hydrides); যেমন, IIIB হইতে VIIB শ্রেণীর হাইড্রাইড; (গ) ধাতব বা অন্তরিত হাইড্রাইড (metallic or interstitial hydrides); যেমন, সন্ধিমৌল সকলের হাইড্রাইড। নিম্ন সারণী দ্রষ্টব্য।

| IA | IIA | IIIA | | | | | | | | | | IIB | IVB | VB | VIB | VIIB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Li | Be | সন্ধিমৌল (IVA--VIIA, VIII, IB, IIB) | | | | | | | | | | B | C | N | O | F |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh, | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | OS | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | — |
| লবণিক হাইড্রাইড | | | ধাতব হাইড্রাইড | | | | | | | | | | আণবিক হাইড্রাইড | | | |

**(ক) লাবণিক হাইড্রাইড:** ক্ষার ও মৃৎক্ষার ধাতু এবং IIIA-শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত ল্যানথেনাম বা তদনুরূপ ধনাত্মক বিরলমৃত্তিক মৌল এই জাতীয় হাইড্রাইড গঠন করে; যথা, $LiH$, $NaH$, $KH$, $CaH_2$, $SrH_2$, $LaH_3$ ইত্যাদি। ইহারা সকলেই কঠিন কেলাসিত যৌগ। সাধারণতঃ 150—700°C এর মধ্যবর্তী উষ্ণতায় বিশুদ্ধ ধাতু ও হাইড্রোজেনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহাদিগকে প্রস্তুত করা হয়। ক্ষারধাতুর হাইড্রাইডগুলির গঠন ঘনাকার (cubic) অর্থাৎ সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের অনুরূপ। তবে মৃৎক্ষার-ধাতুর হাইড্রাইডগুলির গঠন অপেক্ষাকৃত জটিল; যেমন, ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের কেলাস হেক্সাগোনাল। বিগলিত অবস্থায় অথবা বিগলিত হ্যালাইডে দ্রবীভূত অবস্থায় ইহারা বিদ্যুৎপরিবাহী। বিগলিত লিথিয়াম হাইড্রাইডের তড়িদ্‌বিশ্লেষণের

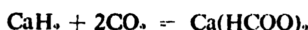
ফলে ক্যাথোডে লিথিয়াম ও অ্যানোডে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। বিগলিত LiCl+KCl এ ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করিলেও অ্যানোডে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, এই সকল হাইড্রাইডে ঋণাত্মক হাইড্রাইড আয়ন ($H^-$) সমন্বিত আয়নীয় ল্যাটিস বর্তমান। ফলে ইহাদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ।

লিথিয়াম হাইড্রাইড, সোডিয়াম হাইড্রাইড ও ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড বহু ধাতুকে মুক্ত করিতে, বহু জৈব-যৌগের প্রস্তুতিতে এবং হাইড্রাইড উৎপাদনে ব্যাপক ব্যবহৃত হয়।



$$TiCl_4 \xrightarrow{LiH} Ti \; ; \quad LiH + H_2O \rightarrow LiOH + H_2$$

ইহারা $CO_2$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ফরমেট তৈয়ারী করে; যথা,

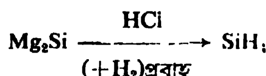


$$CaH_2 + 2CO_2 = Ca(HCOO)_2$$

(খ) **আণবিক, উদ্বায়ী বা সমযোজী হাইড্রাইড:** এই জাতীয় হাইড্রাইড নানাভাবে প্রস্তুত করা যাইতে পারে:

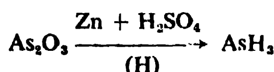
১। মৌল ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে; যেমন, $NH_3$, $H_2O$ প্রভৃতি

২। জল বা অ্যাসিড দ্বারা ধাতব বোরাইড, সিলিসাইড, কারবাইড প্রভৃতির আর্দ্র-বিশ্লেষণে; যেমন,



$$Mg_2Si \xrightarrow[(+H_2)\text{প্রবাহ}]{HCl} SiH_4$$

৩। জায়মান হাইড্রোজেনদ্বারা উপযুক্ত যৌগের বিজারণ সাহায্যে; যথা,



$$As_2O_3 \xrightarrow[(H)]{Zn + H_2SO_4} AsH_3$$

৪। ইথারদ্রবণে, $LiAlH_4$-এর অনুরূপ হ্যালাইডের বিজারণে; যেমন, $LiH_4$, $Ge_2H_6$, $SnH_4$।

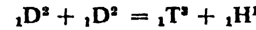
কঠিন অবস্থায় এই সকল হাইড্রাইডের কেলাসে অণুসকল ভ্যান-ডার-ওয়ালস্-বলদ্বারা বিধৃত থাকে। ফলে উহাদের গলনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম। তরল হাইড্রাইডগুলির স্ফুটনাঙ্কও কম। সাধারণভাবে বলা যায়, সমযোজী হাইড্রাইড মাত্রই উদ্বায়ী। তরল অবস্থায় বা অমেরুক (non-polar) দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় উহারা বিদ্যুৎ পরিবহন করে না।

(গ) **ধাতব হাইড্রাইড:** মধ্য বা উচ্চ উষ্ণতায় অনেক সন্ধিগত ধাতু হাইড্রোজেনকে অধিশোষণ (adsorb) বা অন্তর্ধৃত (occlude) করিয়া থাকে। আবার জলীয় দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণে ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত ঐ জাতীয় বহু ধাতুকে অনুরূপ ব্যবহার করিতে দেখা যায়। ঐ জাতীয় ধাতুর প্রকৃষ্ট উদাহরণ প্যালাডিয়াম। ধাতু ও হাইড্রোজেনের মিলনে কঠিন দ্রবণ বা যৌগকল্প পদার্থের সৃষ্টি হয় বলিয়া মনে করা হয়।

অধিকাংশ ধাতব-হাইড্রাইডে ধাতু ও হাইড্রোজেনের পরিমাণের মধ্যে যথার্থ কোন সরল অনুপাত থাকে না; যেমন, $TiH_{1.73}$, $ZrH_{1.92}$; আবার কোন কোন ক্ষেত্রে সরল অনুপাত বজায় থাকিতেও দেখা যায়; যেমন, CuH, CdH, $NiH_2$, $UH_3$ প্রভৃতি।

এই জাতীয় ধাতব হাইড্রাইড ধর্মীয় বিচারে ধাতু বা সংকর-ধাতু সদৃশ; বস্তুতঃ উহাদের সঙ্গে মূল ধাতুর বিশেষ পার্থক্য থাকে না। সম্ভবতঃ ধাতব-জালকের ঘন-সন্নিবিষ্ট ধাতব পরমাণু বা আয়নের ফাঁকে ফাঁকে হাইড্রোজেন অবস্থান করে এবং সেই জন্য এই হাইড্রোজেন সহজে নির্গত হইয়া যায়। এই কারণে এই জাতীয় হাইড্রাইডকে কেহ কেহ অন্তরিত বা অন্তরাবিষ্ট (interstitial) কঠিন দ্রবণ বলিয়া থাকেন।

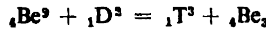
**৯১-৬। হাইড্রোজেনের আইসোটোপ।** হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ; উহাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 1, 2 এবং 3। উহারা হাইড্রোজেন (H), ডয়টেরিয়াম (D) এবং ট্রাইটিয়াম (T) নামে পরিচিত। সাধারণ হাইড্রোজেনে হাইড্রোজেন ও ডয়টারিয়ামের পরিমাণ যথাক্রমে 99,985 ও 0.015 শতাংশ, তৃতীয় আইসোটোপ প্রায় নাই বলিলেই চলে। উহা নিতান্ত অস্থায়ী এবং পরমাণুকেন্দ্রিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়া থাকে।



$${}_1D^2 + {}_1D^2 = {}_1T^3 + {}_1H^1$$



$${}_3Li^6 + {}_0n^1 = {}_1T^3 + {}_2He^4$$



$${}_4Be^9 + {}_1D^2 = {}_1T^3 + {}_4Be_3$$

ট্রাইটিয়াম তেজস্ক্রিয়, উহার অর্ধজীবন 12.4 বৎসর।

ওজনের অত্যধিক পার্থক্য হেতু হাইড্রোজেন ও ডয়টেরিয়ামের ভৌত ধর্মের বিশেষ পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। নিম্নসারণীতে কয়েকটি ভৌত ধর্মের তুলনা করা হইল।

| ধর্ম | $H_2$ | $D_2$ |
|---|---|---|
| আণবিক গুরুত্ব | 2.016 | 4.028 |
| গলনাঙ্ক | −259.2°C | −254.5°C |
| স্ফুটনাঙ্ক | −252.7°C | −249.5°C |
| ঘনত্ব ( গ্রাম/লিটার ) | 0.0835 | 0.1673 |
| গলনের লীন তাপ ( ক্যালোরি / গ্রাম-অণু ) | 28 | 47.0 |
| বাষ্পীভবনের লীন তাপ | 216 | 293 |
| কঠিনের আণব আয়তন ( সিঃসিঃ ) | 23.31 | 20.48 |

দুইয়ের রাসায়নিক ধর্ম একই, কেবল ডয়টেরিয়াম হাইড্রোজেন অপেক্ষা ধীরে এবং অসম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। $N_2O$ অথবা অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন ডয়টেরিয়াম অপেক্ষা দ্বিগুণ গতিতে বিক্রিয়া করে।



$$2D_2 + O_2 = 2D_2O$$

DCl-অ্যাসিডটি দুই মৌলের প্রত্যক্ষ সংযোগে উৎপন্ন হয়।



$$D_2 + Cl_2 = 2DCl$$

কিন্তু DF নিম্ন বিক্রিয়ায় গঠিত হয়:

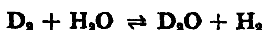


$$2AgF + D_2 = 2Ag + 2DF \ (110°C)$$

বহু বিক্রিয়ায় ডয়টেরিয়াম ও হাইড্রোজেনের মধ্যে বিনিময় ঘটে। ইহাদিগকে 'বিনিময় বিক্রিয়া' (exchange reactions) বলা হয়।



$$H_2 + D_2 \rightleftharpoons 2HD$$



$$D_2 + H_2O \rightleftharpoons D_2O + H_2$$



$$3D_2 + C_6H_6 \rightleftharpoons C_6D_6 + 3H_2$$

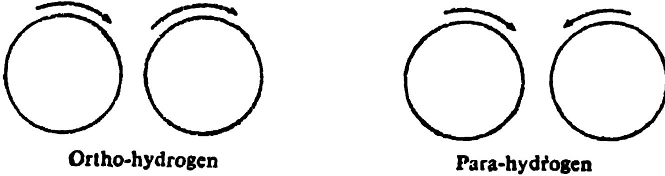
শেষোক্ত বিক্রিয়া দুইটিতে 'প্ল্যাটিনাম কজ্জলী' (platinum black) অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**ডয়টেরিয়াম প্রস্তুতি:** ডয়টেরিয়াম তৈয়ারি করার জন্য গ্যাস-ব্যাপন অথবা তড়িৎ-বিশ্লেষণ—এই দুইটির একটি উপায় সচরাচর প্রয়োগ করা হয়। ইহাদের মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতেই অধিকতর সুফল পাওয়া যায়। ইহার মোটামুটি বর্ণনা দেওয়া হইল।

শিল্প-প্রয়োজনে হাইড্রোজেন জলের তড়িদ্‌-বিশ্লেষণদ্বারা সংগ্রহ করা হয়। দীর্ঘদিন ব্যবহারের পর ঐ তড়িদ্‌-বিশ্লেষক সেলের নীচে যে অবশিষ্ট তরল পড়িয়া থাকে উহাতে ভারীজলের ($D_2O$) অনুপাত অনেক বেশী থাকে। খুব সম্ভবতঃ সাধারণ জলের $H_2O$ তড়িৎ-বিয়োজন $D_2O$ অপেক্ষা সহজে হয়। [ ক্যাথোডে $H+H \rightarrow H_2$—এই বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তির পরিমাণ $D+D \rightarrow D_2$ অপেক্ষা কম হওয়ার সম্ভাবনা ] বিদ্যুৎ-সেলের ঐ অবশিষ্ট জল হইতেই ডয়টেরিয়াম প্রস্তুত করা হয় [Taylor, Eyring, Frost, 1933]। ঐ জল লইয়া উহাতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশান হয় (.5N) এবং উহাকে নিকেল তড়িৎদ্বার যোগে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়, যতক্ষণ না উহার পরিমাণ কমিয়া এক দশমাংশ হয়। অবশ্যই ইহাতে ভারীজলের অনুপাত আরও বৃদ্ধি পাইবে। এই অবশিষ্ট জলের নয় দশমাংশ (9/10th) লইয়া উহাতে $CO_2$-গ্যাস চালনা করিয়া উহার ক্ষারকত্ব প্রশমিত করা হয়। এখন জলের এই অংশ সম্পূর্ণ পাতিত করা হয়। পাতিত জলকে আবার অবশিষ্ট এক-দশমাংশ জলের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। পুনঃরায় উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। এইরূপ বিশ্লেষণ এবং পাতন মোট সাতক্ষেপে করা হয়। দেখা যায়, ক্রমশঃ পাতিত জলের ঘনত্ব বাড়িতেছে, অর্থাৎ $D_2O$-এর পরিমাণও বৃদ্ধি পাইতেছে। তিনবার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করার পর বিশ্লেষণ-জাত হাইড্রোজেনে ডয়টে-রিয়ামের পরিমাণ যথেষ্ট থাকে। সুতরাং সেই হাইড্রোজেনকে অক্সিজেনে পোড়াইয়া আবার অবশিষ্ট তরলের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয় এবং তাহাতেও $D_2O$-এর পরিমাণ বাড়ে। পুনঃপুনঃ এই প্রক্রিয়ার পরে যখন পাতিত জলের ঘনত্ব 1.104 হয় তখন উহাতে প্রায় সম্পূর্ণটুকু $D_2O$ থাকে। ইহাকে আবার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া ডয়টেরিয়াম পাওয়া যায়। তড়িৎ-সেলের অবশিষ্ট প্রায় আড়াই হাজার লিটার জল লইয়া আরম্ভ করিলে মোটামুটি 80 c.c. ভারী জল ($D_2O$) সংগ্রহ হয়।

**১১-৭। হাইড্রোজেনের বহুরূপতা (allotropy)। অর্থো- ও প্যারা-হাইড্রোজেন।** তত্ত্বীয় বিজ্ঞানের ভিত্তিতে 1927 সালে হাইসেনবার্গ সমাবয়বী (isomeric) দুই প্রকার হাই-ড্রোজেন অণুর অস্তিত্ব ঘোষণা করেন। বন্‌হোফার এবং হারটেক (Banhoeffer & Harteck, 1919) সক্রিয় অঙ্গারের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনকে তরল বায়ু বা তরল হাইড্রোজেন দ্বারা ঠাণ্ডা করিয়া একটি ভিন্ন ধরনের হাইড্রোজেন পাইলেন এবং হাই-সেনবার্গের ভবিষ্যদ্‌বাণী সত্যে পরিণত করিলেন।

হাইড্রোজেন-পরমাণুর নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্রে একটি প্রোটন এবং বহিঃকক্ষে একটিমাত্র ইলেকট্রন আছে। নিউক্লিয়াসটি সর্বদা লাটিমের মত ঘুরপাক খাইতেছে। দুইটি পরমাণু সমবায়ে যখন একটি অণু গঠিত হয় তখন নিউক্লিয়াস দুইটির ঘূর্ণন একমুখী (সমান্তরাল) বা বিপরীতমুখী হইতে পারে,—ফলে দুই প্রকার হাইড্রোজেনের সৃষ্টি হয়। যখন




ঘূর্ণন সমান্তরাল তখন অণুটি অর্থো-হাইড্রোজেন, আর ঘূর্ণন যখন বিপরীত তখন অণুটি প্যারা-হাইড্রোজেন। এই জাতীয় সমাবয়বতা কেবলমাত্র হাইড্রোজেনেরই বৈশিষ্ট্য—তাহা নয়, বস্তুতঃ ঘূর্ণায়মান নিউক্লিয়াস সম্পন্ন দ্বি-পরমাণুক প্রতিসম অণুর ক্ষেত্রেই ইহা (যেমন $D_2$, $N_2$, $F_2$, $Cl_2$) দৃষ্ট হয়।

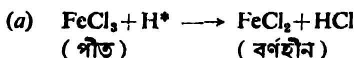
সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেনে 75% অর্থো- এবং 25% প্যারা-রূপে থাকে। পরম শূন্যের নিকটবর্তী উষ্ণতায় হাইড্রোজেন (অপেক্ষাকৃত কম আন্তর শক্তিসম্পন্ন) প্যারা-রূপে পরিণত হয়। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অর্থো-রূপের পরিমাণ বাড়িতে থাকে এবং সকল উষ্ণতায়ই দুইরূপ যুগপৎ বর্তমান। অতএব অর্থো-রূপকে কখনও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়। তবে সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস মাত্রকেই অর্থো-হাইড্রোজেন বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

এই দুই রূপের রাসায়নিক ধর্ম এক। কিন্তু উহাদের ভৌত ধর্ম কিঞ্চিৎ ভিন্ন। প্যারা-হাইড্রোজেনের তাপীয় পরিবাহিতা (thermal conductivity) অপেক্ষাকৃত অনেক বেশী, কিন্তু উহার আপেক্ষিক তাপ, গলনাঙ্ক, বাষ্পচাপ, আন্তরশক্তি (internal energy), চুম্বকীয় মোমেন্ট অর্থো—তথা সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা কিঞ্চিৎ কম। নিউক্লিয়াসীয় ঘূর্ণনের প্রশমনহেতু প্যারা-হাইড্রোজেনের চুম্বকীয় ঘূর্ণন নাই বলিলেই চলে, কিন্তু অর্থো-রূপের উহা যথেষ্ট আছে।

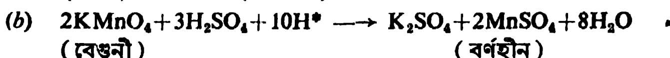
| | সাধারণ $H_2$ | প্যারা-$H_2$ |
|---|---|---|
| গলনাঙ্ক | 13.95°K | 13.82°K |
| স্ফুটনাঙ্ক | 20.39°K | 20.26°K |
| 20.39°K উষ্ণতায় বাষ্পচাপ | 760 mm পারদ | 787 mm পারদ |

১১-৮। **নবজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন।** জন্মকালীন হাইড্রোজেনকে 'জায়মান' (nascent) হাইড্রোজেন বলে। এই সময়, অর্থাৎ নবজাত অবস্থায় হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা অনেক বেশী সক্রিয়। যেমন, সাধারণ হাইড্রোজেন দ্বারা $FeCl_3$, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদির দ্রবণ বিজারিত হয় না। কিন্তু যদি ঐ সকল দ্রবণে ($Zn + H_2SO_4$) মিশান হয়, তাহা হইলে নবজাত হাইড্রোজেন

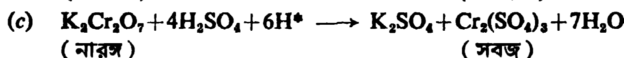
উহাদের তৎক্ষণাৎ বিজারিত করে। $H^*$ দ্বারা এই জায়মান হাইড্রোজেনকে চিহ্নিত করা হইল।



(*a*) $FeCl_3 + H^* \longrightarrow FeCl_2 + HCl$
( পীত ) ( বর্ণহীন )



(*b*) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H^* \longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$
( বেগুনী ) ( বর্ণহীন )



(*c*) $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 6H^* \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$
( নারঙ্গ ) ( সবুজ )

অতএব আণবিক হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া যে-সকল বিক্রিয়া ঘটান যায় না, সদ্যোজাত হাইড্রোজেনদ্বারা, অর্থাৎ $Zn + H_2SO_4$ যোগে হাইড্রোজেন সদ্য উৎপাদন করিয়া সেই সকল বিক্রিয়া অনায়াসে ঘটান সম্ভব।

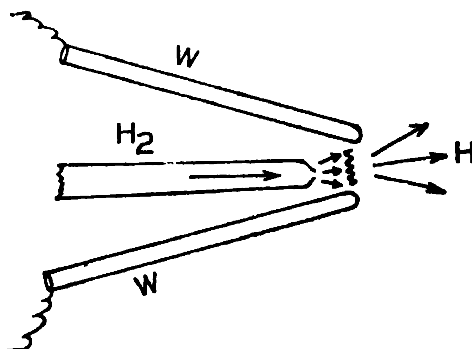
জায়মান হাইড্রোজেনের এই বিশেষ কার্যকারিতা সম্বন্ধে বিবিধ মতবাদ আছে। এক মতে বলা হয়, জন্মমুহূর্তে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে এবং পারমাণবিক হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা আণবিক হাইড্রোজেন অপেক্ষা বেশী।

কিন্তু দেখা গিয়াছে বিভিন্ন উৎস হইতে লব্ধ জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা বিভিন্ন। যেমন $Zn + H_2SO_4$ হইতে লব্ধ জায়মান হাইড্রোজেন, সোডিয়াম অ্যামালগাম ও জল হইতে লব্ধ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশী সক্রিয়। প্রথমোক্ত জায়মান হাইড্রোজেন ক্লোরেটকে ক্লোরাইডে বিজারিত করিতে পারে, কিন্তু শেষোক্ত জায়মান হাইড্রোজেন তাহা পারে না। ইহাতে স্পষ্টই বোঝা যায় ঐ হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা উহার উৎপাদন-বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। বিক্রিয়ামাত্রেই শক্তির পরিবর্তন অনিবার্য। বিক্রিয়া-উদ্ভূত এই শক্তির দ্বারা বোধ হয় নবজাত হাইড্রোজেন বলাহিত হয়—ফলে উহা আণবিক হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। বিভিন্ন বিক্রিয়ায় বিভিন্ন পরিমাণ শক্তি উদ্ভূত হয় এবং সেই জন্য বিভিন্ন ক্ষেত্রে জাত হাইড্রোজেনের বলাধানও বিভিন্ন।

**১১-৯। পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic hydrogen)।** আণবিক হাইড্রোজেনকে দুইটি মুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুতে বিভাজিত করিলে প্রচুর পরিমাণ তাপ শোষিত হয়।



$$H_2 \rightarrow H + H; \quad \triangle H = 100 \text{ Kcal.}$$





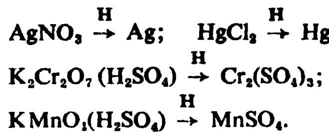
চিত্র ১১-ঘ

বলা বাহুল্য বিপরীত বিক্রিয়া অর্থাৎ হাইড্রোজেন-পরমাণুদ্বয়ের মিলনে অনুরূপ প্রচুর তাপের উদ্গীরন হইতে বাধ্য।

1915 সালে ল্যাংমুর দুইটি টানস্টেন তড়িদ্‌দ্বারের মধ্যস্থিত বিদ্যুৎ-শিখার মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া পারমাণবিক হাইড্রোজেন তৈয়ারী করিতে সক্ষম হন (চিত্র ১১-ঘ)।

এই মুক্ত পরমাণু ধাতব তলের সংস্পর্শে আসিয়া তৎক্ষণাৎ পুনর্মিলিত হয়—ফলে ঝালাই কার্যের উপযোগী অতি-উচ্চ উষ্ণতার (4000—5000°C) সৃষ্টি হয়। এইরূপ ঝালাই কার্যে ধাতু-তলকে অক্সাইড-সর হইতে মুক্ত রাখিবার জন্য কোন বিগালক (flux) ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না। ইহাই অক্সি-হাইড্রোজেন-শিখাদ্বারা ঝালাই করা অপেক্ষা পারমাণবিক হাইড্রোজেন দ্বারা ঝালাই করার বিশেষ সুবিধা।

পারমাণবিক হাইড্রোজেন অতিশয় শক্তিশালী বিজারক। উহা নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটায়:



$$AgNO_3 \xrightarrow{H} Ag; \quad HgCl_2 \xrightarrow{H} Hg$$

$$K_2Cr_2O_7\,(H_2SO_4) \xrightarrow{H} Cr_2(SO_4)_3;$$

$$KMnO_4(H_2SO_4) \xrightarrow{H} MnSO_4.$$

## জল, ($H_2O$)

পৃথিবীপৃষ্ঠের অন্যতম প্রধান উপাদান জল। ইহার পরিমাণ প্রায় 75 শতাংশ। ইহা বায়ুমণ্ডলে বাষ্পাকারে, জলীয় মণ্ডলে জল বা বরফরূপে এবং প্রস্তরাদি খনিজ পদার্থে সংহত কেলাসজল অবস্থায় বর্তমান। প্রাণিদেহের এবং উদ্ভিদদেহেরও প্রধান অংশ জল। মানবদেহেই জলের পরিমাণ, 60 শতাংশ।

**১১-১০। প্রাকৃতিক জল (Natural water)।** উৎস অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে মোটামুটি চারভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে।

(১) **বৃষ্টি-জল।** সমুদ্র, নদনদী, জলাশয় প্রভৃতি হইতে জল বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। পরে উহা বায়ুমণ্ডলে শীতল হইলে বৃষ্টি হয়। অতএব ইহাকে স্বাভাবিক উপায়ে পাতিত জল বলা যাইতে পারে। প্রাকৃতিক জলের মধ্যে ইহাকেই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ মনে করা হয়।

(২) **নদী-জল।** সাধারণতঃ বৃষ্টির জল হইতে এবং পাহাড়ের উপরের বরফ হইতে নদ-নদীর সৃষ্টি। জলের দ্রাবণীশক্তি খুব বেশী। মাটির উপর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় উহা বহু রকম পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া লয়। মাটি, বালু প্রভৃতি অনেক অদ্রবণীয় পদার্থও ইহাতে ভাসমান থাকে।

(৩) **প্রস্রবণ-জল।** ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে বিভিন্ন ছিদ্রপথে জল নিঃসৃত হইয়া প্রস্রবণের সৃষ্টি করে। প্রস্রবণের জলেও বহুবিধ লবণ-জাতীয় দ্রব্য এবং অন্যান্য পদার্থও দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু বালু, মাটি, কাঁকর প্রভৃতির ভিতর দিয়া অতিক্রম করে বলিয়া উহা খুব স্বচ্ছ হয় এবং কোন অদ্রবণীয় ময়লা উহাতে থাকে না। বালু প্রভৃতির সাহায্যে উহা পরিস্রুত হইয়া থাকে।

অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ-জাতীয় বস্তু প্রস্রবণ-জলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে প্রায়ই খনিজ-জল বলা হয়। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ দ্রবীভূত থাকার জন্য এই জলের স্বাদ এবং

প্রকৃতিও বিভিন্ন হইয়া থাকে। অনেক সময় এই জলে কার্বন ডাই-অক্সাইডও থাকে। সোডিয়াম বা লিথিয়াম বাই-কার্বনেট, সোডিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, লৌহঘটিত কোন কোন লবণ, হাইড্রোজেন সালফাইড ইত্যাদি বিভিন্ন পদার্থ খনিজ জলে দেখা যায়। এই সব জল স্বাস্থ্যের পক্ষে অনেক ক্ষেত্রে খুব উপকারী। ভুবনেশ্বর, রাজগীর, সীতাকুণ্ড প্রভৃতি জায়গার জল এই কারণেই বিখ্যাত।

কূপ অথবা নলকূপের জলও অনেকটা প্রস্রবণ-জলের মত।

(৪) **সমুদ্র-জল।** ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সর্বাধিক (গড়ে, 3.6 শতাংশ)। খাদ্য-লবণের পরিমাণই খুব বেশী এবং খাদ্য-লবণ ছাড়াও অন্যান্য অনেক লবণ-জাতীয় পদার্থ ইহাতে আছে। অত্যধিক লবণাক্ত বলিয়াই ইহা অপেয়।

**১১-১১। খর জল ও মৃদু জল (Hard and Soft Water)।** সাবান জলে ঘষিলে ফেনা হয়। কিন্তু সকল রকম প্রাকৃতিক জল সাবানের সহিত সহজে ফেনা দেয় না।

**মৃদু জল।** যে সব জল অতি সহজেই সাবানের ফেনা উৎপন্ন করে তাহাকে মৃদু জল বলে।

**খর জল।** যে সব জল সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন করিতে পারে না, তাহাকে খর জল বলে।

**জলের খরতার কারণ।** প্রাকৃতিক জলে অনেক রকম ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম এবং কখনও লৌহ ঘটিত লবণসমূহ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খরতা প্রাপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট সাধারণতঃ খর জলে দ্রবীভূত থাকে।

সাবানে স্টীয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি কতকগুলি জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ থাকে। এই জৈব লবণগুলিই জলের সহিত মিশিয়া ফেনার সৃষ্টি করে। ঐ সকল অ্যাসিডের অন্যান্য ধাতব লবণের এই ক্ষমতা নাই। জলে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের কোন লবণ থাকিলে উহাদের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং সাবানে আর সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জৈব-লবণ থাকে না। সুতরাং এই সকল জলে ফেনার সৃষ্টি হয় না, অর্থাৎ জল খর হয়।



$$2\text{Na-Stearate} + CaCl_2 = 2NaCl + \text{Ca-Stearate}$$

(সাদা অধঃক্ষেপ)

**খর জলের শ্রেণীবিভাগ।** জলের খরতা স্থায়ী ও অস্থায়ী দুই রকমের হইতে পারে। যে সমস্ত খর জল কেবলমাত্র ফুটাইলে বা অন্য কোন সহজ উপায়ে খরতা হইতে মুক্ত হয়, তাহাদিগকে **অস্থায়ী খর জল** বলে। ক্যালসিয়াম, আয়রণ ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট থাকার জন্যই জলের অস্থায়ী খরতা হয়।

কিন্তু অনেক জলের খরতা কোন সহজ উপায়ে দূর করা যায় না। উহাদিগকে মৃদু জলে পরিণত করিতে বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার প্রয়োজন হয়। এইসব জলকে **স্থায়ী খর জল** বলে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট জলে থাকিলে উহা স্থায়ী খর জল হইয়া থাকে।

**জলের খরতা দূরীকরণ।** ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ জলে দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই জলের খরতা হয়। সুতরাং খরতা দূর করিয়া জল মৃদু করিতে হইলে জল হইতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত পদার্থগুলিকে কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া লইতে হইবে। ইহাতে উহার খরতাও লোপ পাইবে।

জলের অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের জন্য দুইটি উপায় আছে:

(১) অস্থায়ী খর জলকে ফুটাইলে উহার ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তাপে ভাঙিয়া ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। জলে এই কার্ব-নেটের দ্রাব্যতা খুব কম, সুতরাং উহারা জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে এবং উহা মৃদু জলে পরিণত হইয়া যায়।



$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$



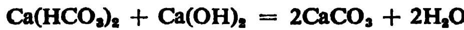
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

কূপের জলে যে ফেরাস লবণ থাকে তাহা অনেক সময় বাতাসে জারিত হইয়াই অধঃক্ষিপ্ত হয়,



$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

(২) **ক্লার্ক-পদ্ধতি (Clark's Process)।** চুন বা কলিচুনের সাহায্যে জলের অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। চুনের জলের সহিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে জল হইতে উহারা বিভিন্ন যৌগাকারে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে।



$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$



$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

ঠিক যতটা কলিচুন প্রয়োজন, ততটুকুই ব্যবহার করিতে হইবে। অতিরিক্ত কলিচুন দিলে জল আবার খর হইয়া পড়িবে।

এই সকল উপায়ে স্থায়ী খর জলের মৃদুকরণ সম্ভব নহে। স্থায়ী খর জলে ক্যাল-সিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট থাকে। স্থায়ী খরতা দূর করিতে নানা উপায় প্রয়োগ করা হয়।

**সোডার সাহায্যে।** স্থায়ী খর জলের সহিত সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে উহার ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলি উহাদের অদ্রবণীয় কার্বনেটে পরিণত হয় এবং অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। এইভাবে দ্রবীভূত অবস্থা হইতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগ-নেসিয়াম দূরীকৃত হইয়া জল মৃদু হইয়া যায়। কিন্তু এই উপায়টি ব্যয়সাধ্য।



$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$



$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

যুগপৎ উপযুক্ত পরিমাণে কলিচুণ এবং সোডা জলে দিলে উভয় খরতাই দূর হয়। কিন্তু এই পদ্ধতি ব্যায়সাপেক্ষ।

(৩) **পারমুটিট্ পদ্ধতি (Permutit Process)।** জিয়োলাইট (Zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ আছে। উহারা অনেকটা সাধারণ মৃত্তিকার মত এবং সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে গঠিত। কৃত্রিম উপায়েও জিয়োলাইটের

মত পদার্থ সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে তৈয়ারী করা হইয়াছে। উহার নাম দেওয়া হইয়াছে পারমুটিট্।

একটি প্রকোষ্ঠের মধ্যে পারমুটিট্ রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া আস্তে আস্তে খর জল পরিচালনা করা হয়। পারমুটিট্ স্তরের উপরে ও নীচে খানিকটা মোটা বালু বা পাথরের নুড়ি থাকে। পারমুটিট্ দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলিকে অদ্রবণীয় যৌগে রূপান্তরিত করিয়া জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া দেয়। নীচে যে জল সঞ্চিত হয় উহা মৃদু জল (চিত্র ১১-৬)।

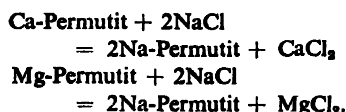


$$\text{Na-Permutit} + CaCl_2 = 2NaCl + \text{Ca-Permuitit}$$

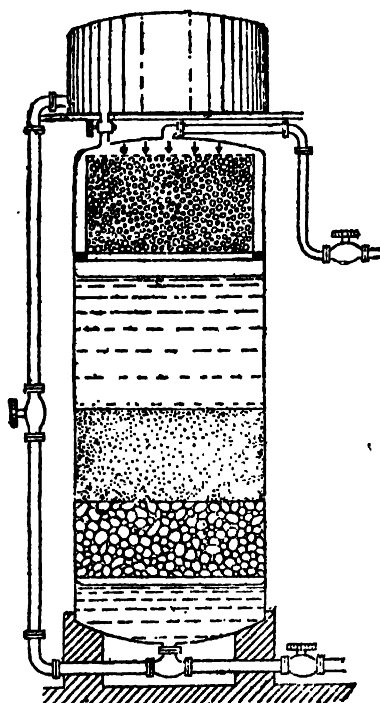


$$\text{Na-Permutit} + MgSO_4 = Na_2SO_4 + \text{Mg-Permutit}$$

কয়েক দিন ব্যবহারের পর এই পারমুটিটের খরতা-দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়; কারণ, উহার সমস্ত সোডিয়াম পারমুটিট্ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম যৌগে পরিণত হয়। এই পারমুটিট্‌কে পুনরুজ্জীবিত করিয়া লওয়া হয়। অর্থাৎ খর জলের বদলে সেই পারমুটিটের ভিতর দিয়া খাদ্য-লবণের দ্রবণ প্রবাহিত করিলে ইহা আবার পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং পুনরায় জলের খরতা দূর করিতে সমর্থ হয়।



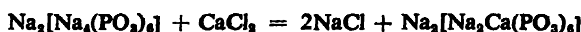
$$\text{Ca-Permutit} + 2NaCl = 2\text{Na-Permutit} + CaCl_2$$
$$\text{Mg-Permutit} + 2NaCl = 2\text{Na-Permutit} + MgCl_2.$$



চিত্র ১১-৬। পারমুটিট্ পদ্ধতি

এই পুনরুজ্জীবনের ফলে একই পারমুটিট্ বহু দিন ব্যবহার করা সম্ভব। দুই রকম খরতাই এই প্রকারে দূর করা সম্ভব।

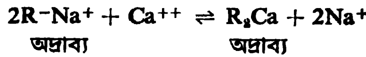
ক্যালসিয়াম-লবণজনিত খরতা দূর করার জন্য আজকাল প্রায়ই 'ক্যালগন' (calgon) ব্যবহৃত হয়। ক্যালগন একটি ফস্‌ফেট জাতীয় যৌগ, উহার সঙ্কেত, $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$, সোডিয়াম হেক্সামেটা ফস্‌ফেট। জলের ক্যালসিয়াম লবণ ইহার সংস্পর্শে আসিলে উহা অদ্রবণীয় যৌগে পরিণত হইয়া থিতাইয়া যায়:



$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + CaCl_2 = 2NaCl + Na_2[Na_2Ca(PO_3)_6]$$

**আয়ন-বিনিময় রেজিন পদ্ধতি (Ion-exchange resin process)।** কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত এক প্রকার রেজিন-পদার্থ আজকাল জল-মৃদুকরণে বহুল ব্যবহৃত হয়। পারমুটিট্ অপেক্ষা ইহাদের সক্রিয়তা সমধিক। এই রেজিনগুলি সালফনিক অ্যাসিড-

যৌগ এবং ইহার অণুগুলি বহু-সংযোগহেতু বিরাটাকার। ছোট ছোট দানার আকারে এই রেজিন লইয়া উহাকে NaCl-দ্রবণের প্রবাহে রাখা হয়। এই প্রক্রিয়াতে সালফনিক অ্যাসিড মূলক উহার সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়। $RSO_3H + Na^+ = RSO_3Na + H^+$ এই সোডিয়াম আয়ন সমন্বিত রেজিনই জলের খরতা তথা $Ca^{++}$ বা $Mg^{++}$ আয়ন দূর করে। সোডিয়ামের সঙ্গে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম আয়নের বিনিময় ঘটে।



$$2R^-Na^+ + Ca^{++} \rightleftharpoons R_2Ca + 2Na^+$$
অদ্রাব্য অদ্রাব্য

রেজিনের সক্রিয়তা কমিয়া গেলে গাঢ় NaCl-দ্রবণদ্বারা উহাকে পুণরুজ্জীবিত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

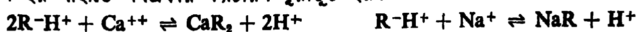
**জলের খরতার মাত্রা নির্ণয়।** অধঃক্ষিপ্ত $CaCO_3$-এর পরিমাণদ্বারা জলের খরতা প্রকাশ করা হয়। জলে ক্যালসিয়াম লবণ না থাকিলেও অন্যান্য লবণজনিত খরত্ব তুল্যাঙ্ক পরিমাণ $CaCO_3$-দ্বারা স্থির হয়। ওজনের প্রতি দশ লক্ষ ভাগ জলে যত ভাগ $CaCO_3$ (কিংবা উহার তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি) অধঃক্ষিপ্ত হয় তাহাই সেই জলের খরতার মাত্রা (degree of hardness)। যদি কোন জলে প্রতি দশ লক্ষ ভাগে 60 ভাগ ম্যাগনেসিয়াম সালফেট থাকে তবে উহার খরতা হইবে, 75°। কারণ, 60 ভাগ $MgSO_4$ = 75 ভাগ $CaCO_3$।

প্রথমে একটি সাবানের দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়। উহাদ্বারা $CaCl_2$-এর N/100-তুল্য দ্রবণ টাইট্রেশন করা হয়। এই টাইট্রেশন অন্ততঃ দুই মিনিটকাল স্থায়ী ফেনা পাওয়া পর্যন্ত চালাইতে হইবে। এইভাবে সাবান-দ্রবণের তুল্য-মাত্রা (normality) জানা যাইবে। পরে এই সাবান দ্রবণদ্বারা খরজল টাইট্রেশন করিলে খরজলে মোট কতটা ক্যালসিয়াম আছে জানা যাইবে। সুতরাং খরতার মাত্রাও জানা যাইবে।

উক্ত খরজলকে পূর্বাহ্নে ফুটাইয়া লইয়া পরে টাইট্রেশন করিলে অস্থায়ী খরতা ও স্থায়ী খরতা উভয়ই জানা সম্ভব। খর জলের কতকগুলি বিশেষ অসুবিধা আছে বলিয়াই ইহাকে মৃদু করা হয়। (১) খর জলের সাহায্যে কাপড় প্রভৃতি পরিষ্কার করিতে সাবানের অপব্যয় হয়। (২) অতিরিক্ত খর জল স্বাস্থ্যের পক্ষে অপকারী এবং এই জল পানীয় হিসাবে ব্যবহার করা যায় না। উহাতে অনেক খাদ্যদ্রব্যও সহজে সিদ্ধ করা যায় না। (৩) কেট্‌লীতে এই খর জল উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের স্তর কেট্‌লীর গায়ে জমিতে থাকে। যখন বেশ পুরু স্তর পড়িয়া যায় তখন কেট্‌লীতে সহজে জল উত্তপ্ত হয় না। কারণ, পাত্রের তাপ-বাহিতা অনেক কমিয়া যায়। ফ্যাক্টরীর বয়লারেও যদি খর জল ব্যবহার করা হয়, তবে উহাতেও কিছুদিন পরে কার্বনেটের স্তর জমিয়া যায়। পরে অনেক কয়লা পোড়াইলেও জল ফুটান দুষ্কর হইয়া উঠে। অনবরত তাপ প্রয়োগে বয়লারের ক্ষয়-ক্ষতিও বেশী হয়।

**জলের খনিজদ্রব্য-শূন্যীকরণ (demineralisation) বা আয়নশূন্যীকরণ (de-ionization): পাতন ব্যতীত জলের বিশুদ্ধীকরণ।** পূর্বোক্ত প্রক্রিয়ায় জলকে মৃদু করা হইলেও উহার মোট খনিজাধেয়ের (mineral content) পরিবর্তন হয় না, কারণ ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি আয়ন দূরীভূত করিয়া উহাদের স্থলে তুল্য পরিমাণ সোডিয়াম আয়ন যুক্ত করা হয়। বিশেষ ধরণের আয়ন-বিনিময় রেজিনের সাহায্যে জলকে সম্পূর্ণরূপে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থমুক্ত করা যাইতে পারে। এই পদ্ধতিকে **আয়ন-শূন্যীকরণ বা খনিজদ্রব্য-শূন্যীকরণ** বলা হয়। এবং এইভাবে লব্ধ জলকে আয়নশূন্যীকৃত বা খনিজদ্রব্যশূন্যীকৃত জল বলা যাইতে পারে। এই জল অবশ্যই পাতিত জলের অনুরূপ।

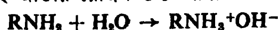
প্রথমে জল হাইড্রোজেন-ক্যাটায়ন-বিনিময়ী স্তরের ( জিওকার্ব, RH) মধ্য দিয়া চুয়ান হয় যাহাতে সর্বপ্রকার ক্যাটায়ন দূরীভূত হয়।



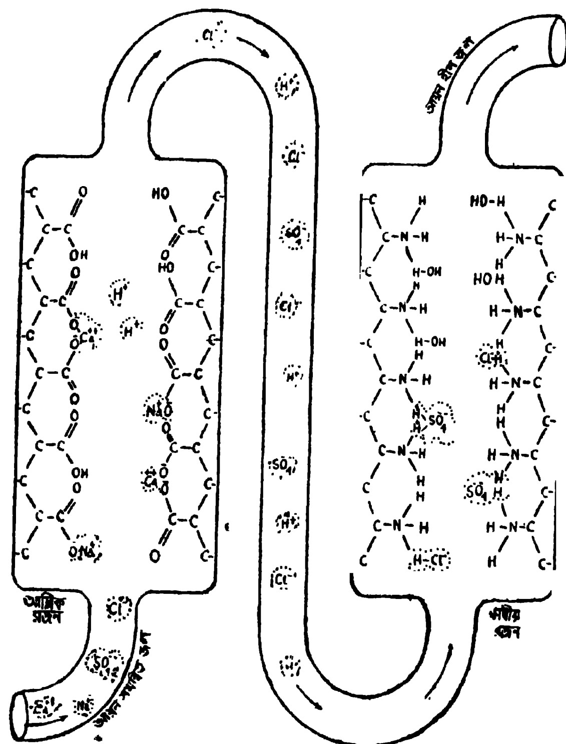
$$2R^-H^+ + Ca^{++} \rightleftharpoons CaR_2 + 2H^+ \qquad R^-H^+ + Na^+ \rightleftharpoons NaR + H^+$$

এখন ক্যাটায়ন-বিনিময়ী উপকরণ বা যন্ত্র হইতে এই জল সবেগে নির্গত হইতে থাকে। এই জলে $CO_3^{--}$, $Cl^-$, $SO_4^{--}$ প্রভৃতি অ্যানায়ন থাকে।

অতঃপর এই অ্যাসিড জলকে উপযুক্ত অ্যানায়ন বিনিময়ী সাংশ্লেষিক রেজিন স্তরের মধ্য দিয়া চুয়ান হয়। এই জাতীয় রেজিন উচ্চ আণবিক গুরুত্বসম্পন্ন অ্যামিন যৌগ।

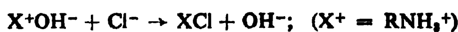


$$RNH_2 + H_2O \rightarrow RNH_3^+OH^-$$

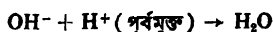



চিত্র ১১-চ। আয়নশূন্যীকৃত জল

অ্যানায়ন বিনিময় নিম্নরূপে ঘটে :



$$X^+OH^- + Cl^- \rightarrow XCl + OH^-; \quad (X^+ = RNH_3^+)$$



$$OH^- + H^+ (\text{পূর্বমুক্ত}) \rightarrow H_2O$$

কিছুক্ষণ ব্যবহারের পর ক্যাটায়ন-বিনিময়ী স্তর ও অ্যানায়ন-বিনিময়ী স্তরকে যথাক্রমে লঘু $H_2SO_4$-অ্যাসিড এবং লঘু NaOH-দ্রবণ প্রয়োগে পুনরুজ্জীবিত করিয়া লওয়া হয়। উহাই আবার ব্যবহার করা যায়।

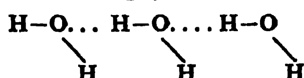
**পানীয় জল** (Drinking or Potable water)। পানীয় জল স্নিগ্ধ ও স্বাদু হওয়া আবশ্যক। উহা মৃদু না হইলেও ক্ষতি নাই, বরং সামান্য পরিমাণ দ্রবীভূত লবণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের স্বাদুতা বৃদ্ধি করে। লবণাদির অভাবহেতু পাতিত জলের কোন স্বাদ নাই। তবে দ্রবীভূত কপার বা লেডের লবণ থাকিলে চলিবে না। কারণ ঐ সকল লবণ শরীরে ক্রমে ক্রমে পুঞ্জিত হইয়া বিষক্রিয়ার সৃষ্টি করে। জলে নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়া থাকিলে বুঝিতে হইবে নর্দমা বা পচমান জৈব পদার্থাদির সঙ্গে উক্ত জলের সংযোগ ঘটিয়াছে এবং সে জন্য সে-জল পান করা উচিত নয়। বলা বাহুল্য, পানীয় জল ভাসমান অপদ্রব্য ও ব্যাকটিরিয়া মুক্ত হওয়া আবশ্যক। সাধারণতঃ নদীর জল বালুস্তরের দ্বারা পরিস্রাবিত করিয়া এবং ফটকিরি প্রয়োগে কিঞ্চিৎ ব্যাকটিরিয়া মুক্ত করত শহরাঞ্চলে সরবরাহ করা হয়। ফটকিরি কাদামাটির দ্রুত তঞ্চনে সাহায্য করে এবং $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে। এই অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাই-ড্রক্সাইড ঐ তঞ্চিত মাটিকণা ও কিঞ্চিৎ ব্যাকটিরিয়া সহ নীচে থিতাইয়া পড়ে। সর্ব-শেষে উক্ত জল (১) ক্লোরিন, (২) অতিবেগুনী রশ্মি (ultraviolet rays), অথবা (৩) ওজোন-সমন্বিত বায়ু প্রয়োগে নির্বীজিত (sterilised), অর্থাৎ সম্পূর্ণরূপে জীবাণুমুক্ত করিলে ভাল হয়।

৪। **বিশুদ্ধ জল** (Pure water)। রাসায়নিক প্রয়োজনে সাধারণতঃ কপার পাত্রে পাতিত করিয়া জল বিশুদ্ধ করা হয়। ফুটন্ত পাতিত জলে কিছুক্ষণ ক্লোরিন প্রবাহিত করিয়া নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব পদার্থ নষ্ট করিলে জল বিশুদ্ধতর হয়। অতঃপর ফুটাইয়া ক্লোরিন তাড়ান হয়। এখন কিছু পটাস ও পটাস-পারম্যাঙ্গানেট সহযোগে পুনরায় উক্ত জল পাতিত করিলে বিশুদ্ধতম জল পাওয়া যাইতে পারে। কোয়ার্জনির্মিত পাতন-যন্ত্র ব্যবহার করিলে ভাল 'পরিবাহিতা জল' (conductivity water) পাওয়া সম্ভব।

১১-১২। **জলের ধর্ম**। (ক) জল একটি স্বাদহীন বর্ণহীন তরল। প্রমাণ অবস্থায় ইহার হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 0°C ও 100°C. ঊর্ধ্বতন সদৃশ যৌগসকল যথা, $H_2S$, $H_2Se$, $H_2Te$ প্রভৃতি হইতে জলের বিশেষ পার্থক্য লক্ষিত হয়। সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে উল্লিখিত যৌগগুলি দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস—অথচ জল একটি গন্ধহীন তরল। ইহা ছাড়াও জলের আরও অনেক অস্বাভাবিক ধর্ম আছে—যাহা পর্যায়সূত্রের ষষ্ঠ শ্রেণীর অবস্থিত অক্সিজেনের হাইড্রাইডরূপে ব্যাখ্যা করা যায় না। যেমন, জলের আপেক্ষিক তাপ, গলন বা বাষ্পনের লীনতাপ অস্বাভাবিকভাবে বেশি।

| হাইড্রাইড | $H_2O$ | $H_2S$ | $H_2Se$ | $H_2Te$ |
|---|---|---|---|---|
| স্ফুটনাঙ্ক | 100° | −61.8° | −41° | −1.8° |

জলের সর্বাধিক ঘনত্ব দেখা যায় 4°C-উষ্ণতায়। জল জমিয়া আয়তনে বাড়ে অর্থাৎ বরফের ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম। জলের এই সকল অস্বাভাবিক ধর্মের কারণ হইল সংযোজন (association)। তরল জলে একাধিক অণু হাইড্রোজেন-বন্ধনীদ্বারা আবদ্ধ হইয়া সংযোজিত অবস্থায়, $(H_2O)_2$, $(H_2O)_3$ থাকে।




এই হাইড্রোজেন-বণ্ড সাধারণ যোজ্যতা-বণ্ড অপেক্ষা দুর্বল, প্রতি গ্রাম-অণুতে 3 ~ 5 কিলো-ক্যালরি শক্তি জড়িত।

(খ) জলের উচ্চ ডাইপোলমোমেন্ট (1.85 D) হইতে প্রমাণিত হয় যে, ইহার গঠন রৈখিক নয়। পরীক্ষার দ্বারা দেখা গিয়াছে HOH কোণটি 104°40′।

(গ) বিশুদ্ধ জল প্রায় বিদ্যুৎ-অপরিবাহী। অতি উচ্চ উষ্ণতায় অল্প সংখ্যক জলীয় অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়।

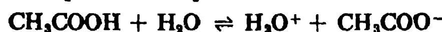
$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ (স্টীম); $\triangle H = -58{,}110$ ক্যালোরি, অর্থাৎ জল একটি তাপ-উদ্গারী যৌগ।

(ঘ) জলের পরাবৈদ্যুত-ধ্রুবক (dielectric constant) খুব বেশি (81) এবং সেজন্য অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের পক্ষে ইহা একটি উত্তম আয়নীকারক দ্রাবক। জল একটি 'অ্যামফিপ্রোটিক', অর্থাৎ উভধর্মী দ্রাবক।



$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

[প্রোটন ত্যাগী]



$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$

(প্রোটনগ্রাহী)

(ঙ) বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জল অনুঘটক-রূপে (catalyst) কাজ করে। এমন অনেক বিক্রিয়া আছে যাহা জলের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে বাহ্যতঃ ঘটে না, অথবা উহাদের বিক্রিয়া-হার যথেষ্ট পরিমাণে বাড়ে না। এজন্য অন্ততঃ লেশমাত্র জলের প্রয়োজন। সম্পূর্ণ শুষ্ক হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন যুক্ত হয় না। গন্ধক, ফসফরাস প্রভৃতি মৌল সাধারণ (আর্দ্র) অক্সিজেনে ভীষণভাবে জ্বলিতে থাকে, কিন্তু শুষ্ক অক্সিজেনে—এমন কি অতি উচ্চ উষ্ণতায়ও উহারা প্রায় জ্বলে না বলা চলে।

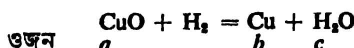
**১১-১৩। জলের সংযুতি [Composition of water]**। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন কি অনুপাতে জলে থাকে তাহা নিশ্চিতরূপে নির্ধারণ করা হইয়াছে।

হফম্যানের পরীক্ষাতে জলের উপাদানের আয়তন-সংযুতি জানা যায়। এই পরীক্ষাতে 100°C তাপমাত্রার উপরে একটি ইউডিয়োমিটার নলে 2 : 1 আয়তনের অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণ লইয়া উহাতে একটু বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। তৎক্ষণাৎ গ্যাস দুইটি মিলিত হইয়া জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। দেখা যায়, উৎপন্ন স্টীমের পরিমাণ দুই আয়তন অর্থাৎ যতটা হাইড্রোজেন লওয়া হয় তাহার সমান। অতএব আয়তন-অনুপাতে $H_2 : O_2$ : জল $= 2 : 1 : 2$। ইহা হইতে অ্যাভোগাড্রোর নিয়ম প্রয়োগ করিয়া সহজেই প্রমাণ করা যায় যে জলের সংকেত হইবে, $H_2O$।

তরল জলের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তাহাতেও দেখা যায়, আয়তনের অনুপাতে $H_2 : O_2 = 2 : 1$।

ইহা ছাড়া, বার্জিলিয়াস, ডুলং, ডুমা, স্টাস, মর্লি প্রভৃতি বিজ্ঞানীগণ নানা উপায়ে জলের হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ওজন-অনুপাতও নির্ণয় করিয়াছেন।

(ক) উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্রমাগত প্রবাহিত করিয়া ডুমা এবং তারপর স্টাস উৎপন্ন জল সংগ্রহ করেন এবং উহার ওজন নির্ণয় করেন।



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

ওজন $a$ $b$ $c$

এই সকল ওজন হইতে তাঁহারা দেখান, জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন-অনুপাত,

$$H_2 : O_2 = \frac{C-(a-b)}{a-b} = 1 : 7.98$$

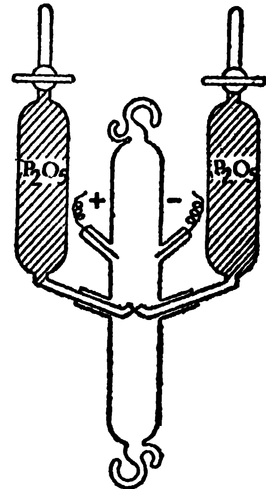
ওজনাত্মক সংযুতি-নির্ণয়ে মর্লির পরীক্ষাটি সর্বাপেক্ষা নিখুঁত এবং বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(খ) মর্লির (Morley's) পরীক্ষা। নির্দিষ্ট ওজনের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের জন্যে সাহায্যে জলে পরিণত করিয়া মর্লি উহাদের ওজনের অনুপাত স্থির করেন।

প্রথমে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে মর্লি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেন। কস্টিক পটাস, উত্তপ্ত কপার ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের সাহায্যে ইহাকে শোধিত করিয়া একটি কাচের পাত্রে প্যালেডিয়ামে উহাকে বিশোষিত করিয়া রাখা হয়। প্যালেডিয়াম-হাইড্রোজেন সহ পাত্রটি ওজন করিয়া লওয়া হয়।

পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করিয়া, কস্টিক পটাস, সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা উহাকে শোধিত করা হয়। একটি বায়ুহীন শূন্য পাত্রের ভিতর এই অক্সিজেন রাখা হয়। অক্সিজেন-সহ পাত্রটি ওজন করিয়া লওয়া হয়।

পৃথকভাবে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন দুইটি ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের বালবের ভিতর দিয়া দুইটি নির্গম-নল সাহায্যে মর্লির যন্ত্রে প্রবেশ করান হয় (চিত্র ১১-ছ)। নির্গম-নল দুইটির মুখের সামনে দুইটি প্লাটিনামের তার রাখা হয়। আবেশকুণ্ডলীর দ্বারা তার দুইটির ভিতর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়া জলে পরিণত হয়। জল যন্ত্রটির নীচের অংশে জমিতে থাকে।



চিত্র ১১-ছ। মর্লির পরীক্ষা

যাহাতে জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণরূপে তরলিত হয় সেইজন্য যন্ত্রটির চারিদিকে বরফ দিয়া উহাকে ঠাণ্ডা রাখা হয়। স্টপককের সাহায্যে হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের প্রবাহ এমনভাবে পরিচালনা করা হয় যাহাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন-অনুপাত 2:1 থাকে। প্রায় 40 লিটার হাইড্রোজেন এইভাবে জলে পরিণত করা হয়। পাম্পের সাহায্যে অতঃপর অপরিবর্তিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বাহির করিয়া লওয়া হয়। যন্ত্রটিকে ওজন করিয়া উৎপন্ন জলের পরিমাণ জানা হয়। অক্সিজেনের পাত্রটির এবং প্যালেডিয়াম-হাইড্রোজেনের আধারটিরও পুনরায় ওজন লওয়া হয়।

ইহা হইতে ওজনের কি অনুপাতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়াছে জানা যায়। মর্লির এই অনুপাতটি হইয়াছে, 1:7·9395।

অর্থাৎ ওজনের হিসাবে, জলে $O_2 : H_2 = 8 : 1{\cdot}0076$।

অক্সিজেনের পাঃ গুরুত্ব, 16 ধরিলে, উহার পরমাণুর ওজন, ধর $16x$,
অতএব হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজন, $1.008x$.

∴ জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর অণুপাত, $\frac{8}{16x} : \frac{1.0076}{1.008x} = 1:1.99 = 1:2$

অর্থাৎ, জলের সংকেত, $H_2O$।

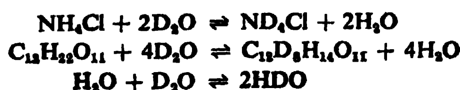
**১১-১৪। ডয়টেরিয়াম অক্সাইড. $D_2O$।** 1932 সালে ওয়াসবার্ণ (Washburn) এবং উরে (Urey) সর্বপ্রথম দেখাইলেন যে, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য দীর্ঘকাল ব্যবহৃত সেলের অবশিষ্ট তরলে ভারী হাইড্রোজেনের অনুপাত বাড়িয়া থাকে, অর্থাৎ জলীয় দ্রবণ তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করিলে হাইড্রোজেনের লঘু 'আইসোটোপ'টি অপেক্ষাকৃত অগ্রভাগে নির্গত হইতে থাকে। ফলে অবশিষ্ট তরলে ভারী জল বা ডয়টেরিয়াম অক্সাইডের ($D_2O$) পরিমাণ বাড়িয়া থাকে। এই পরীক্ষার ভিত্তিতে মোটামুটি বিশুদ্ধ-ডয়টেরিয়াম অক্সাইড প্রস্তুতির পদ্ধতি আবিষ্কৃত হয় (অনুচ্ছেদ ১১-৬)।

ডয়টেরিয়াম অক্সাইড জলের ন্যায় একটি বর্ণহীন তরল। উহা অতীব জলাকর্ষী (hygroscopic) এবং সেজন্য জলীয় বায়ুতে উহা উন্মুক্ত রাখা ঠিক নয়। জল ও ডয়টেরিয়াম অক্সাইডের ভৌতধর্মের পার্থক্য আছে। তাহা নিম্নসারণীতে দেখান হইল:

| ভৌতধর্ম | $H_2O$ | $D_2O$ |
|---|---|---|
| 25°C উষ্ণতায় আপেক্ষিক গুরুত্ব | 1.00 | 1.1076 |
| হিমাঙ্ক, °C | 0 | 3.82 |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | 100 | 101.42 |
| সর্বাধিক ঘনত্বের উষ্ণতা, °C | 4 | 11.6 |
| পরাবৈদ্যুত ধ্রুবক (20°C) | 82 | 80.5 |
| মিলি পয়েজের মাত্রায় সান্দ্রতা (25°C) | 8.937 | 10.992 |
| তলটান (25°C, ডাইন প্রতি সেন্টিমিটার) | 71.97 | 71.93 |
| আয়নীয় গুণাঙ্ক (25°C) | $1\times10^{-14}$ | $0.3\times10^{-14}$ |
| দ্রাব্যতা (25°C, গ্রাম প্রতি গ্রাম জলে) | | |
| NaCl | 0.359 | 0.305 |
| $BaCl_2$ | 0.357 | 0.289 |

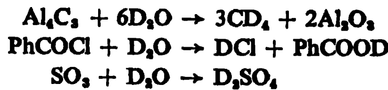
জলের মত, $D_2O$-ও লবণের সহিত যুক্ত হইয়া ডয়টারো হাইড্রেট তৈয়ারি করে, যেমন $CuSO_4.5D_2O$; $Na_2SO_4$, $10D_2O$.

$D_2O$ বহু বিনিময়-বিক্রিয়ায় (exchange reactions) অংশ গ্রহণ করে, যেমন,



$$NH_4Cl + 2D_2O \rightleftharpoons ND_4Cl + 2H_2O$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} + 4D_2O \rightleftharpoons C_{12}D_8H_{14}O_{11} + 4H_2O$$
$$H_2O + D_2O \rightleftharpoons 2HDO$$

বস্তুতঃ ডয়টেরিয়াম যৌগ উৎপাদন করিতে সর্বদাই $(D_2O)$ ভারী জল ব্যবহার করা হয়:



$$Al_4C_3 + 6D_2O \rightarrow 3CD_4 + 2Al_2O_3$$
$$PhCOCl + D_2O \rightarrow DCl + PhCOOD$$
$$SO_3 + D_2O \rightarrow D_2SO_4$$

ব্যবহার। (১) রাসায়নিক বিক্রিয়াতে কি ভাবে মূলক বা পরমাণুর পরিবর্তন হয় সেই কার্যপ্রণালী (mechanism) নির্ণয়ে অনেক সময় $D_2O$ ব্যবহার করা হয়। (২) রি-অ্যাকট্‌র যন্ত্রে দ্রুতগামী নিউট্রনের গতি মন্থর করিতে ভারী জল প্রচুর ব্যবহার করা হয়। (৩) ডয়টেরিয়াম প্রস্তুতির জন্য ভারী জল অপরিহার্য।

## হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, $H_2O_2$

1819 খ্রীষ্টাব্দে থেনার্ড প্রথমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন। প্রকৃতিতে সাধারণ অবস্থায় ইহা পাওয়া যায় না। বাতাসে হাইড্রোজেন পুড়িবার সময় বা সাদা ফসফরাসের মৃদুদহনের সময় পারিপার্শ্বিক বায়ুতে কিঞ্চিৎ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের উদ্ভব হয়।

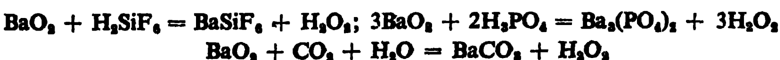
**১১-১৫। প্রস্তুতি।** ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ধাতব পার-অক্সাইডের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। প্রায়ই এইজন্য বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়, যাহাতে উৎপন্ন অদ্রবণীয় বেরিয়াম সালফেটকে সহজেই ছাঁকিয়া পৃথক করা যায়।



$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

অনার্দ্র $BaO_2$ লইলে উহার উপরে অল্পক্ষণেই একটা বেরিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়ে এবং বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। সেইজন্য সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ($BaO_2$, $8H_2O$) ব্যবহার করা হয়। একটি বীকারে অল্প জলের সঙ্গে বেরিয়াম পার-অক্সাইড মিশাইয়া একটি লেই প্রস্তুত করা হয়। অপর একটি বীকারে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। উভয় পাত্রই চারিদিকে বরফে আবৃত করিয়া রাখিয়া প্রায় 0°C-এ রাখা হয়। এই অবস্থায় অ্যাসিডটিকে ক্রমাগত নাড়িতে হয় এবং উহাতে আস্তে আস্তে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইটি মিশান হয়। উহাতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়া দ্রবণে থাকে। বিক্রিয়া শেষে অ্যাসিড উদ্‌বৃত্ত থাকা প্রয়োজন; তাহা না হইলে $BaO_2$-এর আধিক্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া যায়। উপজাত অদ্রাব্য $BaSO_4$-কে ছাঁকিয়া পৃথক করিলে, পরিস্রুত দ্রবণে 10～20% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড থাকে।

এই প্রস্তুতির জন্য অন্যান্য অ্যাসিড যেমন, হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড বা কার্বনিক অ্যাসিড ইত্যাদিও ব্যবহার করা যায়।



$$BaO_2 + H_2SiF_6 = BaSiF_6 + H_2O_2;\ 3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$
$$BaO_2 + CO_2 + H_2O = BaCO_3 + H_2O_2$$

শেষোক্ত পদ্ধতিতে, শীতল জলে $BaO_2$-কে প্রলম্বিত রাখিয়া ক্রমাগত $CO_2$-গ্যাস

চালনা করা হয়। উৎপন্ন $BaCO_3$ এবং অপরিবর্তিত $BaO_2$ ছাঁকিয়া পৃথক করিলেই, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

মার্কসের পদ্ধতিতে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের পরিবর্তে সোডিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়। $Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$. শীতলীকৃত $H_2SO_4$-এ অল্প অল্প করিয়া সোডিয়াম পার-অক্সাইড মিশাইলে $H_2O_2$ তৈয়ারী হয়। উপজাত সোডিয়াম সালফেট নিম্ন তাপমাত্রায় গ্লবার লবণ, $Na_2SO_4,10H_2O$ কেলাসরূপে পৃথক হইয়া পড়ে। পরিস্রুত দ্রবণটিকে অনুপ্রেষ পাতন করা হয়। পাতিত তরলে শতকরা 30% $H_2O_2$ থাকে এবং উহাই বাজারে 'পার-হাইড্রল' নামে বিক্রয় হয়।

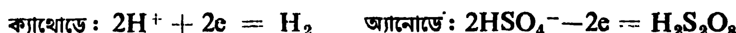
**বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড।** জলীয় দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া একটু কঠিন। একটি উন্মুক্ত থালার মত পাত্রে উহার জলীয় দ্রবণটি জলগাহের উপরে প্রথমে 60~70°C-এ রাখিয়া দিলে খানিকটা জল উবিয়া যায়, ঘন দ্রবণে তখন 66% $H_2O_2$ থাকে। আরও ঘন করিতে গেলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়। ঐ দ্রবণটিকে অতঃপর নিম্নচাপে [ 85°C-এ ] আংশিক পাতন করা হয়। এই পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে (99%) একটি শূন্য-চাপ শোষকাধারে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিয়া দিলে অ্যাসিড উহার জল শোষণ করিয়া লয়। এই তরলের একটু অংশ শুকনো বরফ দ্বারা অত্যন্ত ঠাণ্ডা করিলে উহা কঠিন $H_2O_2$ দেয়। সেই কঠিন $H_2O_2$ কেলাস অবশিষ্ট সম্পূর্ণ তরলে দিলে, −10°C-এ বিশুদ্ধ $H_2O_2$ কেলাসিত হইয়া আসে। ইহা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড। বাজারে অবশ্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণই বিক্রয় হয়।

১১-১৬। **শিল্প-পদ্ধতি।** অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রয়োজন হইলে মার্কস-পদ্ধতিতে বা বেরিয়াম পার-অক্সাইড—সালফিউরিক অ্যাসিড হইতেই প্রস্তুত করা হয়। তাহা ছাড়া আরও দুইটি উপায়ে শিল্প-প্রয়োজনে উহা তৈয়ারী করা হইতেছে:

(১) **তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতি।** খুব শীতল অবস্থায় অপেক্ষাকৃত গাঢ় (50%) সালফিউরিক অ্যাসিডকে উচ্চমাত্রার তড়িৎ প্রবাহ ( 30 অ্যাম্পি/ডেমি²) দ্বারা বিশ্লেষিত করিলে সেলের অ্যানোড প্রকোষ্ঠে পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। প্লাটিনাম তার অ্যানোড হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং একটি কপারের ক্যাথোড ব্যবহার করা হয়। বিশ্লেষণটি নিম্নোক্ত উপায়ে হয়:



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$



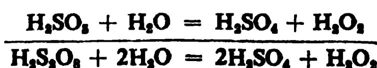
ক্যাথোডে: $2H^+ + 2e = H_2$ অ্যানোডে: $2HSO_4^- - 2e = H_2S_2O_8$

অতঃপর অ্যানোড হইতে এই পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিডকে লইয়া নিম্নচাপে পাতিত করা হয়। 80°~90°C-এ অনুপ্রেষ পাতন করার সময় উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দেয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড পুনরায় পাওয়া যায়।



$$H_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_4 + H_2SO_5$$

(পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড)

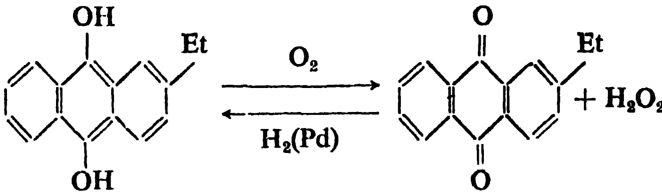


$$H_2SO_5 + H_2O = H_2SO_4 + H_2O_2$$

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + H_2O_2$$

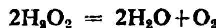
ইহাতে সচরাচর 30% $H_2O_2$ থাকে। অবশ্য পুনঃপুনঃ আংশিক অনুপ্রেষ পাতন করিয়া 90%-এর অধিক গাঢ় $H_2O_2$ ও পাওয়া যায়। গাঢ় $H_2O_2$-কে অ্যালুমিনিয়াম আধারে বিয়োজন-নিরোধক (যথা পাইরোফসফেট) মিশাইয়া রাখা হয়।

(২) স্বতঃজারণ পদ্ধতি। আধুনিক কালে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলের স্বতঃজারণ দ্বারাও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত হইতেছে। ইহার 10% দ্রবণ (বেনজিন এবং 9~11 কার্বনযুক্ত কোহল দ্রাবকে) তৈয়ারী করিয়া উহাতে বায়ুপ্রবাহ চালিত করিলে পদার্থটি জারিত হইয়া ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোনে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।




পদ্ধতিটির বিশেষত্ব এই যে, উৎপন্ন কুইনোন যৌগটিকে প্যালাডিয়ামে অন্তঃধৃত হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিয়া পূর্বের অ্যানথ্রাকুইনলে পরিণত করিয়া আবার ব্যবহার করা যায়।

**১১-১৭। হাইড্রোজেন-পার-অক্সাইডের দ্রবণের শক্তি।** ইহার দ্রবণের গাঢ়ত্ব বা শক্তি 'আয়তন-মাত্রা' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক মিলিলিটার হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে যত মিলিলিটার অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহাই উহার শক্তিরূপে গণ্য হয়। আমরা জানি,



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

68 গ্রাম 22400 মি:লি:

অথবা 1 গ্রাম $H_2O_2$ = 22400/68 = 329.4 মি:লি: $O_2$

∴ শতকরা 1% $H_2O_2$ দ্রবণের 100 মি:লি: = 329.4 মি:লি: $O_2$

অতএব, 1% $H_2O_2$-এর 1 মি:লি:, 3.294 মি:লি: $O_2$ দেয়।

সুতরাং একক আয়তন দ্রবণ হইল 1/3.294 মাত্রার = 0.303 শক্তিমাত্রা

∴ 10 আয়তন (10 volumes) $H_2O_2$ = 3.03 শক্তিমাত্রার

অর্থাৎ, V আয়তন $H_2O_2$ দ্রবণের-মাত্রা V/3.294।

**১১-১৮। ধর্ম।** সাধারণ অবস্থায় বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ; ঘনত্ব 1.46 (0°C), হিমাঙ্ক −2°C, স্ফুটনাঙ্ক 151°C (বিস্ফোরণ সহ)। ইহা জলে যে কোন অনুপাতে মিশে, ইথারেও ইহা দ্রবণীয়। ইহার নাইট্রিক অ্যাসিডের মত একটি তীব্র গন্ধ আছে।

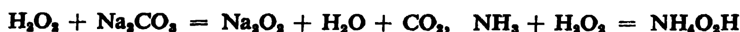
(১) যৌগটি অত্যন্ত অস্থায়ী এবং অতি সহজেই সাধারণ অবস্থায় ইহার বিয়োজন হইতে থাকে এবং জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2, \qquad \Delta H = -46120 \text{ cal}$$

কাচের গুড়া, ধূলিকণা, অমসৃণ কঠিন পদার্থের সংস্পর্শ, প্লাটিনাম চূর্ণ, $OH^-$ আয়ন, এই বিয়োজন খুব ত্বরান্বিত করে। ক্যাটালেজ উৎসেচকও (enzyme) এই বিক্রিয়ার এক বিশিষ্ট বর্ধক। পক্ষান্তরে, অ্যাসিড তথা $H^+$, সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড, বারবিউটিরিক অ্যাসিড ইত্যাদি এই বিক্রিয়ার গতি কমাইয়া বাধকের কাজ করে।

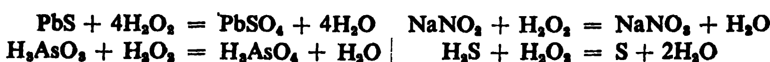
(২) এই পার-অক্সাইড অম্লজাতীয়; লিটমাসকে লাল করে এবং ক্ষারের সঙ্গে মিশাইলে লবণ উৎপাদন করে;



$$H_2O_2 + Na_2CO_3 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2, \quad NH_3 + H_2O_2 = NH_4O_2H$$

যুত-যৌগিক গঠনেও ইহা অংশ নেয়, যথা: $KF, H_2O_2$; $(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$; $Na_2SO_4, H_2O_2, 9H_2O$ ইত্যাদি।

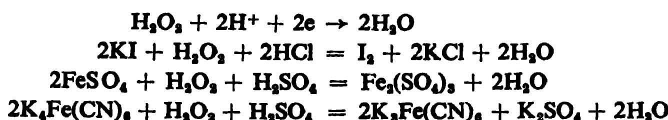
(৩) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ-ক্ষমতাই উহার প্রধান রাসায়নিক ধর্ম। এই সকল জারণ-ক্রিয়াতে $H_2O_2$-এর প্রতি অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু জারণে অংশ নেয় এবং উহা জলে পরিণত হয়:



$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O \quad NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$$
$$H_3AsO_3 + H_2O_2 = H_3AsO_4 + H_2O \quad H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$$

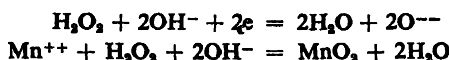
(৪) অম্লদ্রবণ এবং ক্ষারকীয় দ্রবণ উভয়েতেই হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জারণ ক্রিয়া দেখা যায়।

(ক) অম্লদ্রবণে:



$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$$
$$2KI + H_2O_2 + 2HCl = I_2 + 2KCl + 2H_2O$$
$$2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$
$$2K_4Fe(CN)_6 + H_2O_2 + H_2SO_4 = 2K_3Fe(CN)_6 + K_2SO_4 + 2H_2O$$

(খ) ক্ষারদ্রবণে:



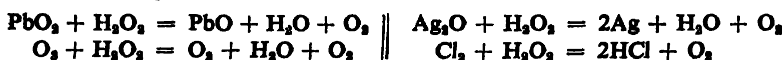
$$H_2O_2 + 2OH^- + 2e = 2H_2O + 2O^{--}$$
$$Mn^{++} + H_2O_2 + 2OH^- = MnO_2 + 2H_2O$$

পাইরোগ্যালোলের উপস্থিতিতে ফরম্যালডিহাইড জারিত হইয়া ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2HCHO + H_2O_2 = 2HCOOH + H_2$$

(৫) সচরাচর জারকের মত ব্যবহার করিলেও কোন কোন পদার্থকে ইহা আবার বিজারিত করে। এই সকল ক্ষেত্রে অপরের বিজারণ ঘটিলেও নিজে জারিত হয় না। সেইজন্য ইহাকে সম্পূর্ণরূপে বিজারণ-ক্রিয়া হিসাবে গণ্য করা উচিত নয়। এই সক বিক্রিয়াতে $H_2O_2$ও বিজারিত হয়।



$$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + H_2O + O_2 \quad Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$$
$$O_3 + H_2O_2 = O_2 + H_2O + O_2 \quad Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$$

অম্ল অথবা ক্ষারীয় দ্রবণেও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিজারণ ক্ষমতা দেখা যায়।

অম্লদ্রবণে:



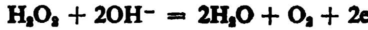
$$H_2O_2 = 2H^+ + O_2 + 2e$$

যথা : বেগুনী আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণ উহার দ্বারা বর্ণহীন হয়।



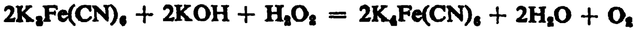
$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

ক্ষারদ্রবণে :



$$H_2O_2 + 2OH^- = 2H_2O + O_2 + 2e$$

যথা : ফেরিসায়নাইড দ্রবণ ফেরোসায়ানাইডে পরিণত হয়।



$$2K_3Fe(CN)_6 + 2KOH + H_2O_2 = 2K_4Fe(CN)_6 + 2H_2O + O_2$$

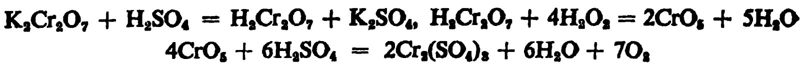
[অম্লদ্রবণে ইহার বিপরীত ক্রিয়া ঘটে]

**$H_2O_2$-এর পরীক্ষা।** ইহাকে সনাক্ত করিবার জন্য বিভিন্ন বিক্রিয়ার সুযোগ গ্রহণ করা হয়:

(অ) স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজ ইহাতে নীল হয়।

(আ) বর্ণহীন টাইটানিক লবণের আম্লিক দ্রবণ ইহার সংস্পর্শে কমলা রংয়ের পারটাইটানিক অ্যাসিডে পরিণত হয়; $TiO_2+H_2O_2 \rightarrow TiO_3+H_2O$

(ই) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশাইয়া উহাতে ইথার দিলে, ইথারের রঙ পারক্রোমিক অ্যাসিডের জন্য নীল হয়। নীল রঙ ক্ষণস্থায়ী, কারণ পারক্রোমিক অ্যাসিড সহজেই ভাঙ্গিয়া যায়।



$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 = H_2Cr_2O_7 + K_2SO_4,\ H_2Cr_2O_7 + 4H_2O_2 = 2CrO_5 + 5H_2O$$
$$4CrO_5 + 6H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 7O_2$$

**$H_2O_2$-এর ব্যবহার।** (১) ল্যাবরেটরীতে জারকরূপে, (২) জীবানুনাশকরূপে, (৩) তৈল-চিত্র, সিল্ক, উল, হাতীর দাঁতের সামগ্রী ইত্যাদির পরিস্করণে ও বিরঞ্জনে, (৪) বিরঞ্জিত বস্ত্র ইত্যাদির ক্লোরিন অপসারণে ('অ্যান্টিক্লোর'রূপে), (৫) রকেটের জ্বালানীর সঙ্গে জারকরূপে,—ইহা ব্যবহার হয়।

**১১-১৯। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সংকেত।** হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিয়োজন হইতে যে অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহার পরিমাপ হইতে জানা গিয়াছে যে উহাতে মৌল দুইটির পারমাণবিক অনুপাত, 1:1; অতএব উহার স্থূল সংকেত, (HO)। বাষ্পঘনত্ব এবং হিমাঙ্কের অবনমন হইতে উহার আণবিক ওজন নির্ধারণ করা গিয়াছে এবং উহা 34। অতএব, যদি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের আণবিক সংকেত ধরা হয়, $(HO)_n$, তাহা হইলে, $n \times 1 + n \times 16 = 34$, অথবা $n = 2$

সুতরাং উহার আণবিক সংকেত, $H_2O_2$

**সংরচনা।** হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অণুটির গঠন দুইরকম হইতে পারে,



(I) H—O—O—H (II) $\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\!\!>O\rightarrow O$

II নং সংরচনার স্বপক্ষে প্রধান যুক্তি হইল যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রায় সমস্ত বিক্রিয়াতেই একটি অক্সিজেন অতি সহজে বিযুক্ত হয় অপরটি হয় না, সুতরাং দুইটি অক্সিজেন পরমাণুর বন্ধন এবং পরিবেশ বিভিন্ন হওয়া উচিত। এই সংরচনা উহা সমর্থন করে। কিন্তু তরল বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের রঞ্জন রশ্মির বর্ণালী হইতে ইহার সমর্থন পাওয়া যায় নাই। তদুপরি নিম্নলিখিত বিক্রিয়া হইতেও ইহা সমর্থিত হয় না।

(ক) এই পারঅক্সাইড দ্বিক্ষারী অম্ল এবং দুইরকম লবণ উৎপাদন করে ;—NaO-OH এবং NaO—ONa অর্থাৎ, উহাতে দুইটি OH মূলক থাকার সম্ভাবনা।

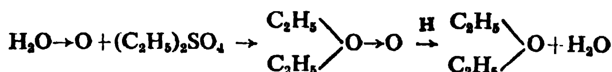
(খ) ডাইইথাইল সালফেটের সঙ্গে বিক্রিয়াতে ডাইইথাইল পার-অক্সাইড দেয়। উহা আবার বিজারিত করিলে (Zn+AcH) ইথাইল কোহল উৎপন্ন হয়।

যদি HO—OH সংরচনা ধরা হয়, তাহা হইলে এই বিক্রিয়ার ধারা হইবে,



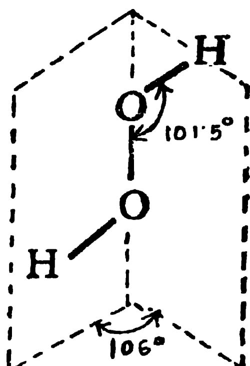
$$HO-OH + (C_2H_5)_2SO_4 \rightarrow C_2H_5O-OC_2H_5 \xrightarrow{H} 2C_2H_5OH.$$

কিন্তু যদি $H_2O \rightarrow O$ এই সংরচনা ধরা হয়, তবে কোহলের পরিবর্তে ইথার পাওয়ার কথা,



$$H_2O \rightarrow O + (C_2H_5)_2SO_4 \rightarrow \begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} \Big\rangle O \rightarrow O \xrightarrow{H} \begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} \Big\rangle O + H_2O$$

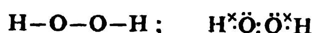
সুতরাং I নং সংরচনাই গ্রহণযোগ্য।




চিত্র ১১-জ

তরল বায়ুর উষ্ণতায় পারমাণবিক হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন মিলিত হইয়া স্বচ্ছ কাচের মতন এক কঠিন সান্দ্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। কেহ কেহ মনে করেন উহা II নং সংরচনা অনুযায়ী গঠিত, পরে —115°C তাপিত করিলে উহার I নং কাঠামোতে পরিণত হয়। ইহার অবশ্য কোন সাক্ষাৎ-প্রমাণ নাই।

বর্তমানে ইহার গঠন-সংকেত ধরা হয়



H—O—O—H ; $H\overset{\times}{\cdot}\ddot{O}\!:\!\ddot{O}\overset{\times}{\cdot}H$

O—H যোজ্যতা দুইটি এক সমতলে নাই, উহার বাস্তব অবস্থিতির ছবি পাশে দেওয়া হইল চিত্র ১১-জ।

১১-২০। 'পার-অক্সাইড'। কোন কোন ধাতব অক্সাইডে যোজ্যতা অনুযায়ী যতটা অক্সিজেন থাকা সঙ্গত তদপেক্ষা অতিরিক্ত অক্সিজেন যুক্ত আছে দেখা যায়। সাধারণ ভাবে এইসব যৌগকে 'পার-অক্সাইড' বলা হয়। কিন্তু অতিরিক্ত অক্সিজেনযুক্ত যৌগের মধ্যেও প্রকৃতি অনুযায়ী তিনটি শ্রেণী আছে।

(ক) পার-অক্সাইড। ক্ষারধাতু এবং মৃৎক্ষার ধাতুই কেবলমাত্র প্রকৃত পার-অক্সাইড উৎপাদন-ক্ষম। উহাদের $[-O-O-]^{2-}$ এই মূলক থাকে এবং জল বা অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলেই $H_2O_2$ দেয়। যথা, $Na_2O_2$, $BaO_2$ . . . প্রভৃতি।



$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

বস্তুতঃ ইহারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রতিস্থাপিত যৌগ।

(খ) সুপার-অক্সাইড। এই জাতীয় অক্সাইডও কেবলমাত্র ক্ষারধাতু এবং মৃৎক্ষার ধাতু হইতে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাতে $O_2^-$ মূলক থাকে, অর্থাৎ ইহাতে একটি বিজোড়

ইলেকট্রন সমন্বিত $O_2^-$ মূলক $(:\ddot{O}:\ddot{O}.)^-$ আছে। ইহারা জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে $H_2O_2$-ত দেয়ই, তদুপরি অক্সিজেনও দেয়। যথা,



$$K_2O_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2 \quad \| \quad 2KO_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2 + O_2$$

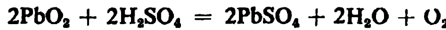
পার-অক্সাইড এবং সুপার-অক্সাইড উভয়ই শক্তিশালী জারক।

(গ) **পলি-অক্সাইড।** ইহারাও অধিক অক্সিজেনযুক্ত অক্সাইড। কিন্তু ইহাদের অণুতে অক্সিজেন পরমাণুগুলির সাক্ষাৎ-সংযোগ নাই, অর্থাৎ $-O-O-$ এই বন্ধন নাই। এই সকল অক্সাইডকে বলা হয় 'পলি-অক্সাইড' এবং জল বা অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহারা $H_2O_2$ দেয় না। যথা, $PbO_2$, $MnO_2$ ইত্যাদি। ইহাদের সংরচনা :



$$O = Pb = O, \quad O = Mn = O$$

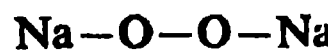
ইহাদের অনেকেই গাঢ় অ্যাসিডের সঙ্গে উষ্ণ অবস্থায় অক্সিজেন দেয়।



$$2PbO_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O + O_2$$

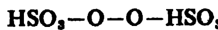
## পার-অ্যাসিড

দেখা গেল, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের হাইড্রোজেন ধাতব পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ধাতুর পরমাণুর পরিবর্তে ঐ হাইড্রোজেনকে যদি কোনও অ্যাসিড মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয়, তাহা হইলে পার-অ্যাসিড পাওয়া যায়। যেমন :



$$Na-O-O-Na$$

পার-অক্সাইড



$$HSO_3-O-O-HSO_3$$

পার-অ্যাসিড

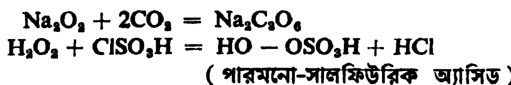
এইসকল পার-অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ক্ষারীয় মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে 'পার-লবণের' উদ্ভব হয়; যথা, $Na_2S_2O_8$।

বিভিন্ন শ্রেণীর কয়েকটিমাত্র মৌল আছে যাহাদের অ্যাসিড মূলক এইভাবে পার-অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে সক্ষম। ইহাদের একটি তালিকা দেওয়া হইল।

| শ্রেণী | III | IV | V | VI | VII |
|---|---|---|---|---|---|
| মৌল | B | C, Ti, Zr<br>Th, Ge, Sn | N, P,<br>V, Nb, Ta | S, Se, Cr<br>Mo, W, U | Cl |

পার-অ্যাসিড বা উহার লবণ প্রস্তুত করার বিভিন্ন উপায় আছে।

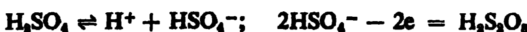
(ক) ধাতব পার-অক্সাইডের উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে বা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের উপর ক্লোরো-অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে পার-অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$Na_2O_2 + 2CO_2 = Na_2C_2O_6$$
$$H_2O_2 + ClSO_3H = HO - OSO_3H + HCl$$

(পারমনো-সালফিউরিক অ্যাসিড)

(খ) গাঢ় অ্যাসিডের তড়িৎবিশ্লেষণে অ্যানোডে জারণের দ্বারা পার-অ্যাসিড প্রস্তুত করা অপেক্ষাকৃত সহজ।



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-; \quad 2HSO_4^- - 2e = H_2S_2O_8$$

কতকগুলি অ্যাসিডকে পার-অ্যাসিড নাম দেওয়া হইলেও উহারা প্রকৃত পার-অ্যাসিড নয়, যেমন $HMnO_4$, $HClO_4$ ইত্যাদি। ইহারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উদ্ভূত নয় এবং অ্যাসিডের সংস্পর্শে $H_2O_2$ দেয় না।

বিভিন্ন মৌলের আলোচনা কালে উহাদের পার-অ্যাসিড ও লবণের বিষয় বিস্তারিত উল্লেখ করা হইবে।

## অনুশীলনী

১। অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেনের প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। 'ভারী হাইড্রোজেন' কাহাকে বলে? সাধারণ হাইড্রোজেনের সহিত ভারী হাইড্রোজেনের ধর্মের তুলনা কর।

পর্যায় সারণীতে হাইড্রোজেনের স্থান সম্পর্কে আলোচনা কর।

২। হাইড্রাইড কাহাকে বলে? বিভিন্ন প্রকার হাইড্রাইড সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৩। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: (ক) অর্থো ও প্যারা-হাইড্রোজেন; (খ) পারমাণবিক হাইড্রোজেন; (গ) ভারী জল।

৪। পানীয় জল ও বয়লারে ব্যবহারোপযোগী জলের বিশুদ্ধিকরণ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৫। জলের খরতার কারণ কি? কি কি উপায়ে জলের খরতা দূরীকরণ সম্ভব?

৬। 'পার-হাইড্রল' কাহাকে বলে? ইহার প্রস্তুত-প্রণালী লিখ। "হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক এবং বিজারক উভয়ভাবেই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।" উদাহরণ-দ্বারা এই উক্তি সমর্থিত কর। '100 আয়তন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের দ্রবণ' বলিতে কি বুঝ?

৭। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের উৎপাদন বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত ওজোনের ধর্মের তুলনা কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের গঠন সম্পর্কে আলোচনা কর।

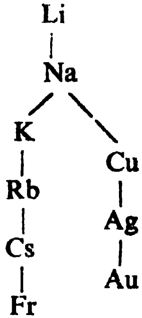
৮। তাড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ইহার গঠন-সংকেত আলোচনা কর। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ ও বিজারণ ক্ষমতার একটি করিয়া সমীকরণ সহ উদাহরণ দাও। দেখাও উহাতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়।

পরিচ্ছেদ ১২

# প্রথম শ্রেণীর মৌলসমূহ

**উপশ্রেণী A : লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম, সিজিয়াম ও ফ্র্যানসিয়াম।**

পর্যায়-সারণীর প্রথম শ্রেণীতে মোট নয়টি মৌল স্থান পাইয়াছে এবং উহারা A এবং B দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত।




উপশ্রেণী A: লিথিয়াম (Li), সোডিয়াম (Na), পটাসিয়াম (K), রুবিডিয়াম (Rb) সিজিয়াম (Cs), ফ্র্যানসিয়াম (Fr)।

উপশ্রেণী B: কপার (Cu), সিলভার (Ag), গোল্ড (Au)।

লিথিয়াম এবং সোডিয়াম প্রথম ও দ্বিতীয় পর্যায়ের এই দুইটি আদর্শ মৌল হইলেও উহাদের প্রকৃতি ও ধর্ম পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম প্রভৃতির মত; তাই ইহারা উপশ্রেণী A-এর অন্তর্গত। উপশ্রেণী A-র এই ছয়টি মৌলই ধাতব এবং জলের সংস্পর্শে ক্ষার উৎপাদন করে, সেই জন্য উহাদের নাম হইয়াছে, 'ক্ষারধাতু'। উপশ্রেণী B-র তিনটি মৌলও মূল্যবান ধাতু এবং উহারা পুরাকাল হইতেই মুদ্রা-প্রস্তুতকরণে ব্যবহার হয় বলিয়া উহাদের সাধারণ নাম 'মুদ্রাধাতু'।

ফ্র্যানসিয়াম অতি ক্ষণস্থায়ী তেজস্ক্রিয় মৌল এবং প্রকৃতিতে অতি সামান্যই বর্তমান। এই জন্য এই পরিচ্ছেদে আমাদের আলোচনা অন্য পাঁচটি ক্ষারধাতুর মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকিবে।

## ক্ষারধাতু

ক্ষারধাতু কয়টির মধ্যে উহাদের ধর্ম এবং প্রকৃতিগত মিল খুবই বেশী, এরকম সাদৃশ্য-শূন্যশ্রেণী ছাড়া অপর কোন শ্রেণীর মৌলের ভিতর দেখা যায় না। ক্ষার ধাতুগুলির ইলেকট্রনীয় বিন্যাস নীচে দেওয়া হইল:

| ক্ষারধাতু | ক্রমাঙ্ক | ইলেকট্রন বিন্যাস | |
|---|---|---|---|
| Li | 3 | K2L1 | অথবা $1s^2 2s^1$ |
| Na | 11 | K2L8M1 | অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ |
| K | 19 | K2L8M8N1 | অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ |
| Rb | 37 | K2L8M18N8O1 | অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$ |
| Cs | 55 | K2L8M18N18O8P1 | অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ |

### ১২-১। ক্ষারধাতুসমূহের তুলনা।

(১) প্রকৃতিতে ক্ষারধাতুগুলি সর্বদাই সংযুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ধাতুগুলি হাল্কা, উজ্জ্বল-শ্বেতবর্ণের, নরম, তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী এবং সহজেই বিগলিত হয়। উহারা তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবিত হয় এবং গাঢ় নীল রংয়ের দ্রবণ উৎপন্ন করে। বুনসেন শিখাকে উহাদের বাষ্প রঞ্জিত করে।

(২) উহাদের ভৌতধর্মগুলিকে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমান্বয়ে বাড়িতে বা কমিতে দেখা যায়। ঘনত্ব, পাঃ আয়তন ক্রমশঃ বাড়ে আবার গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, আয়নন-বিভব, ইত্যাদি কমে। কয়েকটি ধর্ম নীচের তালিকাতে দেওয়া হইল :

| ধর্ম | Li | Na | K | Rb | Cs |
|---|---|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 3 | 11 | 19 | 37 | 55 |
| পাঃ গুরুত্ব | 6.94 | 22.997 | 39.10 | 85.47 | 132.91 |
| ঘনত্ব (0°C) | 0.53 | 0.97 | 0.86 | 1.52 | 1.87 |
| পাঃ আয়তন | 13 | 23.7 | 45.37 | 55.8 | 68.4 |
| গলনাঙ্ক (°C) | 180 | 97.9 | 62.7 | 39.0 | 28.4 |
| স্ফুটনাঙ্ক (°C) | 1331 | 883 | 776 | 696 | 680 |
| আয়নন বিভব (V) | 5.39 | 5.14 | 4.34 | 4.18 | 3.89 |
| জারণ-বিভব | 3.045 | 2.714 | 2.925 | 2.99 | 3.02 |
| বুনসেন-শিখার বর্ণ | গাঢ় লাল | সোনালী হলুদ | বেগুনী | লাল | নীলাভ |

(৩) রাসায়নিক বিচারে ক্ষারধাতুগুলি অত্যন্ত সক্রিয়। উহাদের পরাবিদ্যুৎধর্মিতা তথা ধনাত্মক গুণ সর্বাধিক। রাসায়নিক সক্রিয়তাও ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়িতে থাকে।

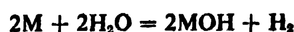
(৪) সমস্ত ক্ষারধাতুর পরমাণুর সর্ব-বহিস্থ স্তরে একটি ইলেকট্রন আছে এবং ঠিক উহার অব্যবহিত পূর্বস্তর আটটি ইলেকট্রনদ্বারা সম্পৃক্ত। লিথিয়ামের পূর্বস্তর দুইটি ইলেকট্রনেই সম্পৃক্ত। ক্ষারধাতু সমযোজী যৌগ গঠন করে না। একটি ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া একযোজী আয়ন সৃষ্টি করে। যৌগসমূহ সুতরাং আয়নীয় এবং যোজ্যতার কোন ব্যতিক্রম হয় না। $M \rightleftharpoons M^+ + e$

(৫) বাতাসের অক্সিজেনের সঙ্গে উহারা মনোক্সাইড এবং অনেক সময় পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। ঐ মনোক্সাইড জলে দ্রবিত হইয়া তীক্ষ্ণ-ক্ষারের সৃষ্টি করে। এই ক্ষারগুলি কঠিন অবস্থায় উদ্‌গ্রাহী এবং বাতাস হইতে $CO_2$ গ্যাস শোষণ করিয়া কার্বনেটে পরিণত হয়।



$$4M + O_2 = 2M_2O;\ M_2O + H_2O = 2MOH;\ 2MOH + CO_2 = M_2CO_3 + H_2O$$

(৬) ধাতুগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে সাধারণ অবস্থাতেই হাইড্রোজেন ও ক্ষার উৎপাদন করে। ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে এই বিক্রিয়ার প্রচণ্ডতাও বাড়ে।



$$2M + 2H_2O = 2MOH + H_2$$

(৭) উত্তপ্ত অবস্থায় উহারা হাইড্রোজেনের সঙ্গে লবণ-জাতীয় হাইড্রাইড দেয় :



$$2M + H_2 = 2MH$$

(৮) অত্যধিক সক্রিয়তা হেতু উহারা অন্যান্য যৌগের ধাতু নিষ্কাশিত করিয়া দেয়, সুতরাং শক্তিশালী বিজারকরূপে ব্যবহার করে।



$$AlCl_3 + 3Na = 3NaCl + Al$$

(৯) ক্ষারধাতুগুলি হ্যালোজেনের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হইয়া হ্যালাইড দেয়। এই সকল হ্যালাইড বেশ স্থায়ী এবং জলে দ্রবণীয় (কেবল LiF-এর দ্রাব্যতা খুব কম)। ক্লোরাইড হইতে আয়োডাইড পর্যন্ত দ্রাব্যতা বাড়িতে থাকে; যেমন, $NaCl < NaBr < NaI$। কিন্তু সিজিয়ামের ক্ষেত্রে উহার বিপরীত, $CsCl > CsBr > CsI$।

লিথিয়াম ক্লোরাইড অন্যতম উদ্‌গ্রাহী পদার্থ। অন্যান্য ক্লোরাইড উদ্‌গ্রাহী নয়। ক্ষারধাতুর হ্যালাইডের অতিরিক্ত হ্যালোজেন-যুক্ত হইয়া পলিহ্যালাইড গঠন করার প্রবণতা আছে; যথা, $KI_3$, $RbCl_2Br$, ইত্যাদি।

(১০) ক্ষারধাতুর কার্বনেট ও বাইকার্বনেট কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। কার্বনেটগুলি উত্তাপে অপরিবর্তিত থাকে ($LiCO_3$ ব্যতীত)। জলীয় দ্রবণে এইসকল কার্বনেটের আর্দ্র বিশ্লেষণ হয়।

## লিথিয়াম

চিহ্ন Li, ক্রমাঙ্ক 3, পাঃ গুরুত্ব 6.94, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^1$

প্রকৃতির লিথিয়াম অধিকাংশই সিলিকেট যৌগ অবস্থায় থাকে। উহার কয়েকটি উল্লেখযোগ্য খনিজের নাম নীচে দেওয়া হইল। ঐ সকল খনিজে সাধারণতঃ লিথিয়ামের পরিমাণ, $3 \sim 5\%$।

(ক) লেপিডোলাইট (Lepidolite), $(Li, K, Na)_2\ Al_2(SiO_3)_3(F, OH)_2$
(খ) স্পডুমিন (Spodumene), $LiAl(SiO_3)_2$
(গ) পেটালাইট (Petalite), $(LiAl(Si_2O_5)_2$
(ঘ) ট্রাইফাইলাইট (Triphylite), $(Li, Na)_3\ PO_4 + (Fe, Mn)_3(PO_4)_2$

১২-২। ধাতু প্রস্তুতি। লিথিয়াম ধাতু প্রস্তুত করার বিভিন্ন পদ্ধতি আছে, উহাদের দুইটি এখানে আলোচনা করা হইল। ধাতু নিষ্কাশন বস্তুতঃ দুইটি ধাপে করা হয়। প্রথমতঃ খনিজ হইতে LiCl তৈয়ারী করা হয় এবং তারপর উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়।

(ক) লেপিডোলাইট বা পেটালাইট খনিজ হইতে। বিচূর্ণ খনিজকে বেরিয়াম কার্বনেট, বেরিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সালফেট সহ গলান হয়। বিগলিত মিশ্রণ চুল্লীর নীচে দুইটি স্তরে থাকে। অপেক্ষাকৃতভারী বেরিয়াম সালফেট, সিলিকা, অ্যালুমিনা প্রভৃতি নীচে থাকে, আর উপরের স্তরে থাকে—অন্যান্য দ্রব্যের সঙ্গে পটাসিয়াম, সোডিয়াম, লিথিয়াম প্রভৃতির সালফেট। উপরের স্তরটি পৃথক সংগ্রহ করিয়া জলদ্বারা অপক্ষালিত করিলে উহাতে সালফেটগুলি দ্রবিত হইয়া আসে। এই দ্রবণে $BaCl_2$ দিলে, বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া অপসারিত করা হয় এবং পরিস্রুৎটিকে বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক অবশেষে লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম ক্লোরাইড থাকে। উক্ত অবশেষ হইতে কোহল-ইথার মিশ্রণ দ্বারা লিথিয়াম ক্লোরাইড দ্রাবিত করিয়া আনা হয়। অন্যান্য ক্লোরাইড অদ্রাব্য। এখন এই নিষ্কর্ষটি বাষ্পীভূত করিলে কঠিন লিথিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

(খ) স্পডুমিন হইতে। এই খনিজ পদার্থটি প্রথমে 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা

হয়; পরে ঠাণ্ডা করিয়া উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া 300°C উষ্ণতায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা পাচিত করা হয়। অতঃপর মিশ্রণটি বাষ্পীভূত করিলে সিলিসিক অ্যাসিড অদ্রাব্য সিলিকায় পরিণত হয়। এখন শুষ্ক অবশেষকে জলদ্বারা অপক্ষালিত করা হয়। ফলে যে নিষ্কর্ষটি পাওয়া যায় তাহাতে $Li_2SO_4$ লবণ থাকে। এই বার লৌহ, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতিকে অধঃক্ষিপ্ত করিবার জন্য উক্ত নিষ্কর্ষে প্রয়োজনীয় পরিমাণ $Na_2CO_3$ দ্রবণ ঢালা হয়। অতঃপর মিশ্রদ্রবণটি পরিস্রাবণ করিয়া আবার অধিক পরিমাণ $Na_2CO_3$ দেওয়া হয়—যাহাতে লিথিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। তারপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগে এই কার্বনেটকে ক্লোরাইডে পরিণত করা হয়।

**(খ) তড়িদ্বিশ্লেষণ।**

সাধারণতঃ বিগলিত LiCl ও KCl-এর মিশ্রণকে (60:40) তড়িদ্বিশ্লেষিত করিয়া লিথিয়াম প্রস্তুত করা হয়। LiCl-এর গলনাঙ্ক হ্রাস করিবার জন্য এই KCl-এর প্রয়োজন। তড়িদ্বিশ্লেষণে গ্রাফাইট অ্যানোডরূপে এবং লৌহদণ্ড ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। লিথিয়াম লৌহদণ্ডের উপর সঞ্চিত হয় এবং তাহা সত্বর সরাইয়া কেরোসিনে ডুবাইয়া রাখা হয়। এইভাবে প্রস্তুত ধাতু প্রায় 99.5% বিশুদ্ধ। বলা বাহুল্য এই প্রণালীতে ক্লোরিন একটি মূল্যবান উপজাত দ্রব্য।

**ধর্ম।** লিথিয়াম সর্বাপেক্ষা হাল্কা ধাতু (ঘনত্ব, 0.53)। এই উজ্জ্বল-রূপালী সাদা ধাতুটি বেশ নরম তবে সোডিয়াম অপেক্ষা শক্ত কিন্তু সীসা অপেক্ষা নরম। ইহার গলনাঙ্ক 186°C; ইহা তাপ এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহী।

শুষ্ক বাতাসে ধাতুটি মোটামুটি সুস্থির হইলেও আর্দ্র বাতাসে উহা জারিত হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং লিথিয়াম মনোক্সাইডে পরিণত হয়। ধাতুটি ঠাণ্ডা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন নিষ্কাশিত করে, কিন্তু বিক্রিয়াটির প্রচণ্ডতা খুব বেশী নয়; $2Li + 2H_2O = 2LiOH + H_2$

হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন, কার্বন, সালফার প্রভৃতির সঙ্গে লিথিয়াম সরাসরি যুক্ত হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের মত লিথিয়াম নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রাইড দেয়। নাইট্রাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। অন্যান্য ক্ষারধাতুর এই বিক্রিয়া হয় না।



$$6Li + N_2 = 2Li_3N; \quad Li_3N + 3H_2O = 3LiOH + NH_3$$

বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুটির বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

**ব্যবহার।** (অ) ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়ামের সহিত সংকর-ধাতু প্রস্তুতিতে লিথিয়াম ব্যবহার করা হয়; তাহাতে ঐসকল বায়ুমণ্ডলীয় অবক্ষয় (corrosion) রোধ হয়। (আ) বিরল গ্যাসের বিশুদ্ধীকরণে নাইট্রোজেন অপসারিত করিতে ($Li_3N$ রূপে) লিথিয়াম ব্যবহৃত হয়। (ই) অধুনা ট্রাইটিয়াম প্রস্তুত করার জন্যও লিথিয়াম প্রয়োগ করা হয়; $Li^6_3 + n^1_0 = H_1^3 + He^4_2$। (ঈ) গলিত ধাতুর নিষ্কাশনের সময় অধিশোষিত গ্যাস অপসারণের জন্যও লিথিয়াম প্রয়োগ করা হয়। (উ) লিথিয়াম-উদ্ভূত নানা যৌগ জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়াতে প্রয়োজন হয়।

**লিথিয়ামের বৈশিষ্ট্য।** লিথিয়াম ক্ষারধাতু বটে কিন্তু তবুও উহার সঙ্গে অপর ধাতুগুলির ধর্মের খানিকটা বিভিন্নতা আছে। অনেক সময় উহার প্রকৃতি ক্ষারধাতুর পরিবর্তে

পরবর্তী শ্রেণীর ম্যাগনেসিয়ামের বা মৃৎক্ষার ধাতুর মত। এ বিষয়ে পরে আলোচিত হইবে (অনুচ্ছেদ ১৪-১৪)।

(অ) লিথিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা অন্যান্য ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইডের চেয়ে কম। লোহিত তাপে লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভাজিত হইয়া অক্সাইড দেয়, $2LiOH = Li_2O + H_2O$। সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের হাইড্রক্সাইডের এইরূপ বিভাজন হয় না।

(আ) নাইট্রোজেনের সঙ্গে লিথিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন করে, অপর ক্ষারধাতুর তাহা হয় না।

(ই) লিথিয়াম কার্বনেট জলে সামান্য দ্রাব্য, অন্যান্য ক্ষারধাতুর কার্বনেট জলে যথেষ্ট দ্রবণীয়। লিথিয়াম কার্বনেট উত্তাপে বিয়োজিত হয়, অন্য ক্ষারধাতুর কার্বনেটের তাহা হয় না। $Li_2CO_3 = Li_2O + CO_2$

(ঈ) লিথিয়াম ক্লোরাইড সর্বাধিক উদ্‌গ্রাহী পদার্থ। অন্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইডের সেই ক্ষমতা নাই।

(উ) অন্যান্য ক্ষারধাতুর সালফেটের ন্যায় $Li_2SO_4$ অ্যালাম গঠন করে না।

(ঊ) লিথিয়ামই একমাত্র ক্ষারধাতু যাহা ইমাইড গঠনে সক্ষম; $2LiNH_2 = Li_2NH + NH_3$

## লিথিয়ামের কয়েকটি প্রধান যৌগ

**১২-৩। লিথিয়াম হাইড্রাইড, LiH।** 700°C-এর অনধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে লিথিয়াম ধাতু উত্তপ্ত করিলে কঠিন সাদা রংয়ের লিথিয়াম হাইড্রাইড (গলনাংক, 680°C) পাওয়া যায়। অন্যান্য ক্ষারধাতুর হাইড্রাইড অপেক্ষা ইহা অধিকতর স্থায়ী এবং বেশ সক্রিয়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে ইহা হাইড্রোজেন দেয় এবং অনেক-ক্ষেত্রে উৎকৃষ্ট বিজারকরূপে কাজ করে।



$$LiH + H_2O = LiOH + H_2$$

এই হাইড্রাইড লবণ-জাতীয় এবং গলিত অবস্থায় তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

অনার্দ্র ইথার-দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড এবং লিথিয়াম হাইড্রাইডের বিক্রিয়াতে লিথিয়াম-অ্যালুমিনো-হাইড্রাইড, $LiAlH_4$, উৎপন্ন হয়। ইহা একটি চমৎকার বিজারক দ্রব্য এবং অত্যন্ত সক্রিয়। বিভিন্ন ধাতব হাইড্রাইড প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার হয়।

(a) $LiAlH_4 + 4H_2O = LiOH + Al(OH)_3 + 4H_2$
(b) $2LiAlH_4 + 5NH_3 = [LiAlH(NH_2)_2]_2NH + 6H_2$
(c) $LiAlH_4 + SnCl_4 = SnH_4 + LiCl + AlCl_3$
(d) $LiAlH_4 + 2B_2H_6 = LiBH_4 + Al(BH_4)_3$
(e) $3LiAlH_4 + AlCl_3 = 4AlH_3 + 3LiCl$

**১২-৪। লিথিয়াম মনোক্সাইড, $Li_2O$।** অক্সিজেনে লিথিয়াম ধাতুকে উত্তপ্ত করিলে (200°C) লিথিয়াম মনোক্সাইড পাওয়া যায়। উহার সঙ্গে অতি সামান্য লিথিয়াম পার-অক্সাইডও উৎপন্ন হয়। লিথিয়াম মনোক্সাইড জলে দ্রবিত হইয়া হাইড্রক্সাইড ক্ষার দেয়। অ্যামোনিয়াতে তাপিত করিলে লিথিয়াম অ্যামাইড পাওয়া যায়;



$$Li_2O + NH_3 = LiNH_2 + LiOH$$

**১২-৫। লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড, LiOH।** লিথিয়াম সালফেটের দ্রবণের সঙ্গে বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইয়া লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$Li_2SO_4 + Ba(OH)_2 = 2LiOH + BaSO_4 \text{ (অধঃক্ষেপ)}$$

বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া অপসারিত করিলে পরিস্রুৎ হইতে $LiOH, H_2O$ কেলাসিত করা হয়। উত্তাপে এই হাইড্রক্সাইড জল পরিত্যাগ করিয়া অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2LiOH, H_2O \xrightarrow{140^\circ C} 2LiOH \xrightarrow{780^\circ C} Li_2O + H_2O$$

ফটোগ্রাফীর কাজে এবং কোন কোন বৈদ্যুতিক সেলে ইহা ব্যবহার হয়।

**১২-৬। লিথিয়াম ক্লোরাইড, LiCl।** লিথিয়াম সালফেটের সঙ্গে বেরিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়াতে, অথবা লিথিয়াম কার্বনেটকে HCl-দ্বারা বিয়োজিত করিয়া লিথিয়াম ক্লোরাইড উৎপাদন করা হয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে ঐ দ্রবণ শুষ্ক করিলে অনার্দ্র সাদা কঠিনাকার লিথিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ইহা সর্বাধিক উদ্‌গ্রাহী পদার্থ এবং জলে খুবই দ্রবণীয়। কোহল, পিরিডিন প্রভৃতি জৈবদ্রাবকেও উহা দ্রাব্য। সাধারণ উষ্ণতায় জলীয় দ্রবণ হইতে উহা সোদক স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়; $LiCl, H_2O$। লিথিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে এবং বিভিন্ন অ্যামোনিয়েট যৌগের সৃষ্টি করে: $LiCl.NH_3$, $LiCl.2NH_3$, $LiCl.3NH_3$।

লিথিয়াম ধাতু প্রস্তুতিতে এই ক্লোরাইড প্রয়োজন। শীতাতপ নিয়ন্ত্রণে বায়ুর আর্দ্রতা নির্দিষ্ট রাখিতে LiCl ব্যবহৃত হয়। বাজী প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহার করা হয়।

**১২-৭। লিথিয়াম সালফেট, $Li_2SO_4$।** ধাতু অথবা উহার হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়াতে লিথিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। এই সাদা কঠিনাকার বস্তুটি জলে দ্রবণীয়। অন্যান্য ক্ষারধাতুর সালফেটের সঙ্গে ইহা দ্বিযৌগিক লবণ উৎপন্ন করে, যথা, $Na_2SO_4$, $Li_2SO_4$।

**১২-৮। লিথিয়াম কার্বনেট, $Li_2CO_3$।** লিথিয়াম লবণের দ্রবণকে পটাসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে ফুটাইলে লিথিয়াম কার্বনেট সাদা পাউডারের আকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। লিথিয়াম কার্বনেটের জলে দ্রাব্যতা খুবই কম।

লোহিত তাপে লিথিয়াম কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া যায়; $Li_2CO_3 = Li_2O + CO_2$।

অতি বেগুনী রশ্মি যাইতে পারে এইরূপ কাঁচ প্রস্তুত করিতে লিথিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হয়।

লিথিয়াম কার্বনেটকে $HNO_3$-এ দ্রবিত করিয়া গাঢ় করিলে দ্রবণ হইতে লিথিয়াম নাইট্রেট, $LiNO_3, 3H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহা জল এবং কোহলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

**১২-৯। লিথিয়াম যৌগের পরীক্ষা।** বুনসেন দীপে লিথিয়াম যৌগগুলি একটি বিশিষ্ট উজ্জ্বল বর্ণের শিখার সৃষ্টি করে।

লিথিয়াম লবণের ক্ষারকীয় দ্রবণে সোডিয়াম ফসফেট দ্রবণ মিশাইলে অদ্রাব্য সাদা লিথিয়াম ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে।

## সোডিয়াম

চিহ্ন Na   ক্রমাঙ্ক 11   পাঃ গুরুত্ব 22.99   ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

অত্যধিক সক্রিয়তার জন্য মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে সোডিয়াম পাওয়া যায় না। উহার যে সকল যৌগ পাওয়া যায় তাহাদের প্রধান কয়েকটির নাম উল্লেখ করা যাইতে পারে :

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (খাদ্যলবণ), NaCl; সমুদ্রের জলে এবং লবণের খনি হইতে।

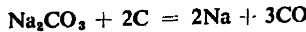
(২) সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলি-শোরা), $NaNO_3$, চিলির সমুদ্র-উপকূলে।

(৩) সোডিয়াম কার্বনেট, $Na_2CO_3$। মাটি ও বালুকার সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইহা থাকে। মিশরে ইহাকে ট্রোনা (Trona) ও ভারতে ইহাকে সাজিমাটি বলে।

(৪) সোডিয়াম পাইরোবোরেট, (বোরাক্স বা সোহাগা), $Na_2B_4O_7$। তিব্বত, হিমালয় অঞ্চল ও সিংহলে পাওয়া যায়।

(৫) সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট বা সোডা-ফেল্ডস্পার, $NaAlSi_3O_8$। ইহা এক প্রকার খনিজ পাথর, বহু পাহাড়েই ইহার সন্ধান পাওয়া যায়।

**১২-১০। সোডিয়াম প্রস্তুতি।** পরাবিদ্যুৎবাহী মৌলসমূহের ভিতর সোডিয়াম অন্যতম, সুতরাং অক্সিজেন বা অন্যান্য অধাতুর প্রতি উহার আসক্তিও সমধিক। এই কারণে উহার অক্সাইড বা অন্য কোন লবণকে উত্তপ্ত করিয়া কার্বন প্রভৃতি বিজারক সাহায্যে বিশ্লেষিত করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য, তবে অসম্ভব নহে।



$$Na_2CO_3 + 2C = 2Na + 3CO$$

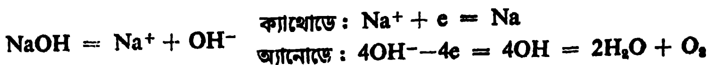
কাষ্টনারের (Castner) প্রবর্তিত পদ্ধতি অনুসারে কস্টিকসোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয়। অধুনা কোন কোন দেশে খাদ্য-লবণের (NaCl) তড়িৎ-বিশ্লেষণ সাহায্যেও ধাতুটি উৎপাদন করা হইতেছে।

**১২-১১। কাষ্টনার পদ্ধতি (Castner Process)।** দুইটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর বিদ্যুৎ প্রবাহ পরিচালিত করিলে উহা বিশ্লেষিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

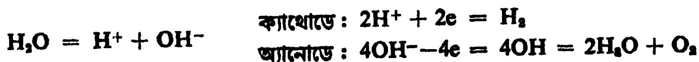


$$2NaOH = 2Na + H_2 + O_2$$

গলিত কস্টিকসোডা বিদ্যুৎ-পরিবাহী এবং উহাতে $Na^+$ আয়ন এবং $OH^-$ আয়ন থাকে। তড়িৎ-প্রবাহ দিলে, এই আয়নগুলি তড়িৎ-দ্বারে গিয়া উহাদের আধান হইতে মুক্তি লাভ করে এবং নিম্নলিখিত উপায়ে বিশ্লেষণটি সংঘটিত হইয়া থাকে :

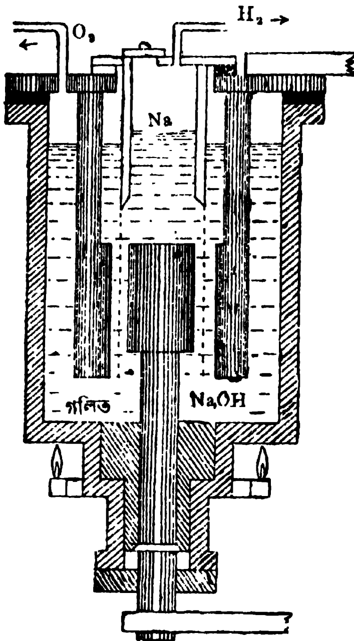


$NaOH = Na^+ + OH^-$   ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$
অ্যানোডে : $4OH^- - 4e = 4OH = 2H_2O + O_2$



$H_2O = H^+ + OH^-$   ক্যাথোডে : $2H^+ + 2e = H_2$
অ্যানোডে : $4OH^- - 4e = 4OH = 2H_2O + O_2$

কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ, ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হওয়ামাত্র জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে উহা পুনরায় কস্টিক সোডাতে পরিণত হইয়া যাইবে।




চিত্র ১২-ক। সোডিয়াম প্রস্তুতি
(কাষ্‌নার পদ্ধতি)

ঢালাই লোহার তৈয়ারী ছোট ছোট গোলাকার ট্যাঙ্কে কস্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পাদিত হয়। কস্টিক সোডা গলিত অবস্থায় রাখার জন্য ট্যাঙ্কের নীচে গ্যাস-দীপ জ্বালিয়া উহাকে তাপিত করা হয়। ট্যাঙ্কটির নীচের অংশটি একটি প্রশস্ত নলের আকারে প্রসারিত। এই নলের ভিতর একটি লোহার ক্যাথোড প্রায় ট্যাঙ্কের মধ্যস্থলে প্রবেশ করে (চিত্র ১২-ক)। ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু অপেক্ষাকৃত প্রশস্ত থাকে। গলিত কস্টিক সোডা নীচের নলের ভিতরে গিয়া শীতল হইয়া জমিয়া যাওয়ার ফলে ক্যাথোডটিকে স্থিরভাবে দণ্ডায়মান রাখার কোন অসুবিধা হয় না। ক্যাথোডটিকে বেষ্টন করিয়া উহার কিছুদূরে একটি নিকেলের দৃঢ় পাত উপর হইতে ঝুলাইয়া রাখা হয়। ইহা অ্যানোডের কাজ করে। ট্যাঙ্কের অন্যান্য অংশ হইতে অ্যানোড ও ক্যাথোড অবশ্যই অন্তরিত (Insulated) করিয়া রাখা হয়। ক্যাথোডের অব্যবহিত উপরে একটি গোলাকার লৌহপাত্র থাকে। উহার নীচের দিকটা খোলা এবং উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য একটি নির্গমদ্বার আছে। এই পাত্রটির নিম্নপ্রান্ত হইতে একটি লোহার তারজালি ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তারজালটি অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে অবস্থিত থাকে। উৎপন্ন সোডিয়াম যাহাতে অ্যানোডের দিকে বিস্তৃত না হয়, সেইজন্য এই তারজালিটির প্রয়োজন। ইহা সোডিয়ামের বিস্তৃতিতে বাধা দেয়। সম্পূর্ণ ক্যাথোডটি এবং অ্যানোডেরও অধিকাংশ গলিত কস্টিক সোডাতে নিমজ্জিত থাকে। অতঃপর ক্যাথোড ও অ্যানোডটি যথারীতি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত কস্টিক সোডার ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়।

সোডিয়াম গলিত অবস্থায় লোহার ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় এবং কস্টিক সোডা হইতে হাল্‌কা বলিয়া উপরের লোহার পাত্রে ভাসিয়া ওঠে। সোডিয়ামের সঙ্গে হাইড্রোজেনও উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়ামের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে উঠিতে থাকে এবং পাত্রটির উপরে নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায়। এইজন্য উৎপন্ন সোডিয়াম সর্বদাই হাইড্রোজেন গ্যাসে আবৃত থাকে। বাহিরের বাতাস দ্বারা উহার আক্রান্ত হওয়ার কোন সম্ভাবনা থাকে না। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম সঞ্চিত হইলে, ঝাঁঝরা চামচের সাহায্যে

উহা তুলিয়া লইয়া কেরোসিনের ভিতরে রাখা হয়। অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং একটি নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়।

কাষ্ট্‌নার পদ্ধতিতে সহজেই সোডিয়াম পাওয়া যায় এবং বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না। এই জন্যই পদ্ধতিটির সমাদর হইয়াছে। কিন্তু ইহার কতকগুলি অসুবিধাও আছে, ইহাতে যে বিদ্যুৎ-শক্তি ব্যয় হয় তাহার শতকরা 50% সোডিয়াম প্রস্তুতিতে প্রয়োজন, অপরাংশ জল-বিশ্লেষণের জন্য অপব্যয় হয়। দ্বিতীয়তঃ, ইহাতে কস্টিক সোডা কাঁচা-মাল হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়। উহা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে প্রস্তুত করিয়া লইতে হয়; সুতরাং কাঁচামালের মূল্য অধিক পড়ে। এই কারণে বহুকাল যাবৎ সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎবিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুতির প্রচেষ্টা চলিতেছে। সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং অত্যন্ত সস্তা। কিন্তু কয়েকটি বিশেষ অসুবিধার জন্য অনেক দিন পর্যন্ত এই প্রচেষ্টা সার্থকতা লাভ করে নাই।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 815°C। সুতরাং উহাকে গলান বেশ কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়সাধ্য। (২) অধিক উষ্ণতায় গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং বিক্রিয়াজাত সোডিয়াম এবং ক্লোরিন—ইহারা সকলেই পাত্র এবং ক্যাথোড ইত্যাদি আক্রমণ করে। (৩) উৎপন্ন সোডিয়ামের অধিকাংশ গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশিয়া কলয়েডে পরিণত হয়। সেই সোডিয়াম উদ্ধার করা দুরূহ। (৪) সোডিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক 880°C। এই জন্য 800°C-এ উহার যথেষ্ট উদ্বায়িতা পরিলক্ষিত হয়, এবং এই উষ্ণতায় অনেকটা সোডিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া যায়।

অধুনা সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম প্রস্তুত করার একটি বিশেষ প্রণালী উদ্ভাবিত হইয়াছে।

১২-১২। ডাউনস্ পদ্ধতি (J. C. Downs, 1924)। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত উহার প্রায় এক-চতুর্থাংশ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটিকে একটি লোহার ট্যাঙ্কে প্রথমে তাপ-প্রয়োগে গলান হয়, পরে অবশ্য বিদ্যুৎপ্রবাহের সাহায্যেই উহাকে গলিত অবস্থায় রাখা যায়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত থাকার ফলে উহা 600°C-এ বিগলিত হইয়া যায়। এইভাবে প্রায় 200°C উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষণের অসুবিধা বহুলাংশে দূর হয়। এইজন্যই সোডিয়াম প্রস্তুতি সম্ভব হইয়াছে।

ট্যাঙ্কের নীচ হইতে একটি প্রশস্ত গ্র্যাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসাবে ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। অ্যানোডটি বেষ্টন করিয়া উহা হইতে কিছুদূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয়। সমস্ত ক্যাথোডের উপর অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত থাকে। ক্যাথোডের উপর এই ঢাকনার ভিতরে উৎপন্ন সোডিয়াম সঞ্চিত হয় (চিত্র ১২-খ)। অ্যানোডের ঠিক উপরে পর্সেলীন বা অগ্নিসহ মৃত্তিকায় তৈয়ারী একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনা থাকে। ইহার ভিতরে বিশ্লেষণজাত ক্লোরিন সঞ্চিত হয় এবং উপরের একটি নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ক্যাথোড ও অ্যানোডের

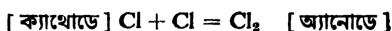
মধ্যে একটি সরু তারজালি রাখা হয়, যাহাতে ক্যাথোডের নিকট হইতে সোডিয়াম সহজে অ্যানোডের দিকে না আসিতে পারে। তড়িৎদ্বার দুইটি যথারীতি একটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত লবণের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ দেওয়া হয়। উপযুক্ত রূপ বিদ্যুৎ-চাপ রাখিলে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ বেশী থাকিলে কেবল সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইবে।



$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$



$$Na^+ + e = Na \qquad Cl^- - e = Cl$$

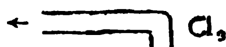


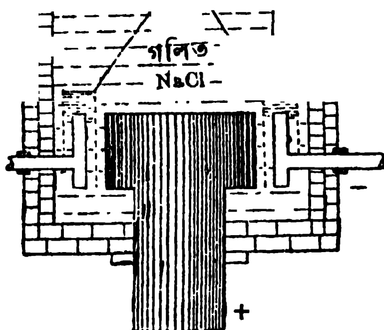
[ ক্যাথোডে ] $Cl + Cl = Cl_2$ [ অ্যানোডে ]



অর্থাৎ, $2NaCl = 2Na + Cl_2$

গলিত সোডিয়াম ধাতু ক্যাথোডের উপরের ঢাকনার নীচে সঞ্চিত হয়। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জড় হইলে সেখান হইতে একটি সাইফন নলের সাহায্যে উহা বাহিরের একটি কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রে চলিয়া যায়। অ্যানোডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়, উহা পর্সেলীনের ঢাকনার ভিতর দিয়া বাহির হইয়া আসে।




চিত্র ১২-খ। সোডিয়াম প্রস্তুতি
( ডাউনস্ পদ্ধতি )

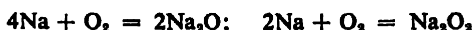
**সোডিয়ামের ধর্ম**। (১) সোডিয়াম অত্যন্ত নরম, রূপার মত উজ্জ্বল সাদা ধাতু। উহাকে একটি ছুরির দ্বারাই কাটা যায়। উহার ঘনত্ব 0.834, গলনাঙ্ক 98°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 883°C। ইহার বিদ্যুৎপরিবাহিতা যথেষ্ট।

(২) সোডিয়াম বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতির সহিত ক্রিয়া করে। সেইজন্যই সাধারণতঃ সোডিয়ামের উজ্জ্বল সাদা রঙটি দেখা যায় না। সোডিয়াম অক্সাইড, কার্বনেট প্রভৃতি দ্বারা উহার বহির্ভাগ আবৃত থাকে। $4Na + O_2 = 2Na_2O$

(৩) জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম আসিলেই উহা তৎক্ষণাৎ কস্টিকসোডাতে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

সুতরাং সোডিয়ামকে জল ও বায়ু হইতে পৃথক রাখা প্রয়োজন। এই কারণেই উহাকে কেরোসিনের ভিতর রাখা হয়।

(৪) উত্তপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেন গ্যাসে উজ্জ্বল সোনালী আলো সহকারে জ্বলে এবং সোডিয়াম অক্সাইড ও পার-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে।



$$4Na + O_2 = 2Na_2O; \quad 2Na + O_2 = Na_2O_2$$

(৫) ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেও সোডিয়াম প্রজ্বলিত হইয়া ওঠে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$

অন্যান্য হ্যালোজেন এবং অনেক অধাতুর সহিতও সোডিয়াম সোজাসুজি যুক্ত হয়।

(৬) হাইড্রোজেন গ্যাসে সোডিয়াম উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়।



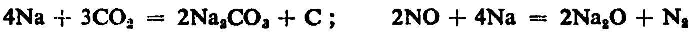
$$2Na + H_2 = 2NaH$$

অ্যামোনিয়াতে উত্তপ্ত করিলে সোডামাইড পাওয়া যায়।

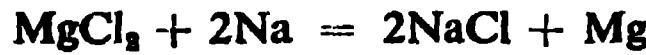


$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

(৭) উত্তপ্ত বা জ্বলন্ত সোডিয়াম কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড প্রভৃতিকে বিয়োজিত করিয়া দেয়। উচ্চ-উষ্ণতায় উহা বিজারকরূপে কাজ করে।



$$4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C; \qquad 2NO + 4Na = 2Na_2O + N_2$$



$$MgCl_2 + 2Na = 2NaCl + Mg$$

**সোডিয়ামের ব্যবহার।** সোডিয়াম পার-অক্সাইড, সোডিয়াম সায়নাইড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ধাতুর প্রয়োজন হয়। কোন কোন কৃত্রিম রবার উৎপাদনেও সোডিয়াম দরকার। জৈবজাতীয় যৌগ-পদার্থের বিশ্লেষণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম একত্র মিশ্রিত করিলে যে ধাতুসংকর পাওয়া যায় উহা অপেক্ষাকৃত অধিক উষ্ণতাতেও তরল থাকে বলিয়া থার্মোমিটারে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ামের পারদসংকর জল বা কোহলের সংস্পর্শে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং বিজারকের কাজ করে।

## সোডিয়ামের যৌগসমূহ

**১২-১৩। সোডিয়াম মনোক্সাইড, $Na_2O$।** 180°C উষ্ণতায় সীমিত বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত ধাতুটি উত্তপ্ত করিয়া উদ্বৃত্ত ধাতুকে অনুপ্রেষপাতন দ্বারা অপসারিত করিলে ইহা পাওয়া যায়।

সোডিয়াম পার-অক্সাইড, নাইট্রাইট বা নাইট্রেটকে ধাতুসহযোগে উত্তপ্ত করিলেও সোডিয়াম মনোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$Na_2O_2 + 2Na = 2Na_2O; \quad 2NaNO_3 + 10Na = 6Na_2O + N_2$$

ইহা একটি শ্বেত, অনিয়তাকার, জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। ইহা একটি তীব্র ক্ষারীয় অক্সাইড। জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ইহা সোডিয়াম হাইড্রাক্সাইড তীক্ষ্ণ-ক্ষার তৈয়ারী করে।



$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

**১২-১৪। সোডিয়াম পার-অক্সাইড, $Na_2O_2$।** বায়ু বা অক্সিজেনের আধিক্যে ধাতুটি উত্তপ্ত করিলে ইহা উৎপন্ন হয়। শিল্প-প্রস্তুতিতে ধাতুটি টুকরা টুকরা করিয়া কাটিয়া অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে (থালায়) রাখা হয় এবং উক্ত পাত্রটি 300—400°C উষ্ণতায় তাপিত লৌহনলের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় এবং বিপরীত দিক হইতে ($CO_2$, $H_2O$-মুক্ত) বিশুদ্ধ বায়ু ঐ নলের মধ্যে প্রবাহিত করা হয়।

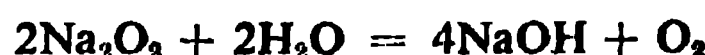
সোডিয়াম পার-অক্সাইড একটি পীতাভ সাদা কঠিন পদার্থ। ঘরের উষ্ণতায় শুষ্ক বায়ুতে উহা সুস্থিত (stable), কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে প্রথমে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও পরে কার্বনেটে পরিণত হইতে থাকে। ফলে উহার উপরে একটি সূক্ষ্ম শ্বেত আস্তরণ গঠিত হয়।

শীতল জলেই উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়;



$$Na_2O_2 + 2H_2O = 2NaOH + H_2O_2$$

উষ্ণ জলে অবশ্য অক্সিজেন নির্গত হয়:

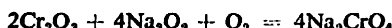


$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

অনুরূপভাবে বরফ-শীতল লঘু অ্যাসিড সর্বদা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া থাকে, কিন্তু উষ্ণ অ্যাসিড অক্সিজেন উৎপাদন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। $2Na_2O_2+2CO_2 = 2Na_2CO_3+O_2$

বদ্ধস্থানের বায়ুকে বিশুদ্ধ করিতে এই বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। সোডিয়াম পার-অক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক। বিগলিত $Cr_2O_3$-কে অথবা ক্রোমিক লবণকে ইহা সোডিয়াম ক্রোমেটে পরিণত করিয়া থাকে।



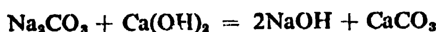
$$2Cr_2O_3 + 4Na_2O_2 + O_2 = 4Na_2CrO_4$$

**ব্যবহার।** (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুতিতে, (২) সিল্ক, উল প্রভৃতি কোমল তন্তুর বিরঞ্জনে (৩) ডুবোজাহাজ, উড়োজাহাজ প্রভৃতি বদ্ধ স্থানের বায়ুর বিশুদ্ধীকরণে, (৪) ল্যাবরেটরীতে জারকরূপে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

## ১২-১৫। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, কস্টিক সোডা, NaOH।

ইহার প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি আছে; ক্ষারীকরণ এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

**ক্ষারীকরণ পদ্ধতি (Causticising Process)।** অতিরিক্ত পরিমাণ চুনের সহিত সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট গরম করিলে কস্টিক সোডা পাওয়া যায়। সোডা একটি মৃদু ক্ষার, কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অত্যন্ত বিদাহী তীক্ষ্ণ ক্ষার। মৃদু ক্ষার এইরূপ তীক্ষ্ণ ক্ষারে পরিণত হয় বলিয়া এই পদ্ধতিটিকে 'ক্ষারীকরণ' বলা হয়।



$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$$

একটি লোহার চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কে সোডার লঘুদ্রবণ (20%) লওয়া হয়। একটি তারজালির বাক্সে কলিচুন ভরিয়া, বাক্সটি সোডার দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। চুন জলের সহিত মিশিয়া ফুটিতে থাকে। আলোড়ক সাহায্যে ফুটান চুন (Slaked lime) সোডার দ্রবণের সহিত উত্তমরূপে মিশান হয়। প্রয়োজনানুরূপ স্টীম ও ট্যাঙ্কের ভিতর পরিচালিত করা হয়, যাহাতে দ্রবণের উষ্ণতা মোটামুটি 80°C থাকে। বিক্রিয়াশেষে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট থিতাইয়া যায় এবং উপর হইতে কস্টিক সোডার লঘু দ্রবণ আস্রাবণ করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর অনুপ্রেষপাতন সাহায্যে উহার জলীয় অংশ যথাসম্ভব বাষ্পীভূত করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর উহাকে উন্মুক্ত লোহার কড়াইতে উত্তপ্ত করিয়া বিশুষ্ক করা হয় এবং গলিত কস্টিক সোডাকে যষ্টির আকারে ঢালাই করা হয়। উপজাত দ্রব্য হিসাবে যে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়, উহাকে চুল্লীতে ভস্মীভূত করিয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা চুন পাওয়া যায়। এই চুন পুনরায় ক্ষারীকরণে ব্যবহৃত হয়।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে কাঁচামাল সোডিয়াম কার্বনেট যথেষ্ট দামী সুতরাং খরচ বেশী পড়ে। সেইজন্য আজকাল সর্বত্রই তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা তৈয়ারী করা হয়।

**১২-১৬। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি [Electrolytic process]।** সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। সঙ্গে সঙ্গেই উহা জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন ও কস্টিক সোডাতে পরিণত হয়। অ্যানোডে অবশ্য ক্লোরিন উৎসারিত হয়।



$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

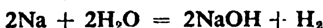
ক্যাথোডে : অ্যানোডে :



$$Na^{+} + e = Na$$



$$Cl^{-} - e = Cl$$

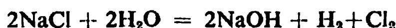


$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$



$$Cl + Cl = Cl_2$$

অর্থাৎ,

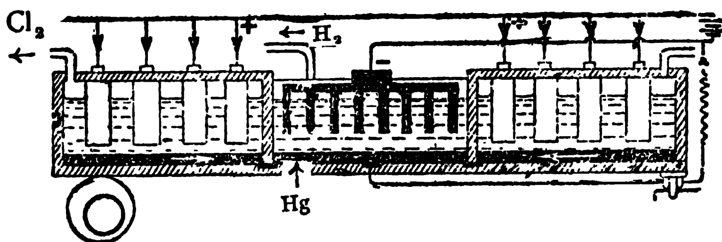


$$2NaCl + 2H_2O = 2NaOH + H_2 + Cl_2$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির ইহাই মূলকথা। কিন্তু সাধারণতঃ এই বিশ্লেষণটি করিতে গেলে উৎপন্ন ক্লোরিন কস্টিক সোডার সহিত খানিকটা বিক্রিয়া করে এবং উহার কতকাংশ হাইপোক্লোরাইট বা ক্লোরেট লবণে পরিণত হইয়া যায়। ইহাতে কস্টিক সোডার অপচয় ঘটে এবং বিশুদ্ধ ক্ষার পাওয়া যায় না। যাহাতে উৎপন্ন ক্লোরিন কস্টিক সোডার সংস্পর্শে না আসিতে পারে সেইজন্য পৃথক প্রকোষ্ঠে উহাদের উৎপাদন করার ব্যবস্থা করা হয়। কস্টিক সোডা উৎপাদনে সাধারণতঃ দুই প্রকারের বৈদ্যুতিক সেল (cell) ব্যবহৃত হইয়া থাকে: (১) পারদ সেল; (২) মধ্যাবরক বা মধ্যচ্ছদীয় (Diaphragm) সেল। নানা রকমের পারদ সেল ও মধ্যাবরক সেলের প্রচলন আছে, তন্মধ্যে দুই একটির বিষয় এখানে বিবৃত করা হইল।

**১২-১৭। পারদ সেল: কস্‌নার-কেল্‌নার পদ্ধতি (Castner-Kellner cells)।** এই পদ্ধতিতে শ্লেটের তৈয়ারী প্রশস্ত কিন্তু অপেক্ষাকৃত অগভীর ট্যাঙ্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাঙ্কের আয়তন মোটামুটি $6' \times 4'$ এবং উচ্চতা $6''$ ইঞ্চি। ট্যাঙ্কের মেঝেটি $\frac{1}{4}''$ পুরু পারদ দ্বারা আবৃত থাকে। প্রত্যেকটি ট্যাঙ্ক দুইটি শ্লেটের প্রাচীর দ্বারা তিন প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে। এই প্রাচীর দুইটি কিন্তু মেঝে পর্যন্ত পৌঁছায় না, মেঝে হইতে প্রায় $\frac{1}{16}''$ ইঞ্চি উপরে পারদের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে। ফলে অনায়াসেই পারদ এক প্রকোষ্ঠ হইতে অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে। বহিঃ-প্রকোষ্ঠ দুইটিতে পারদের উপরে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অথবা লবণোদক (Brine) লওয়া হয়। মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠে জল থাকে। কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড বাহিরের প্রকোষ্ঠের লবণোদকে নিমজ্জিত রাখিয়া অ্যানোড রূপে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড হিসাবে কয়েকটি লৌহ-ফলক মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠের জলে উপর হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। সমস্ত ট্যাঙ্কটি অবশ্যই আবৃত রাখা হয় এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠেই উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য নির্গম-নল থাকে। ট্যাঙ্কের নীচে এক প্রান্তে একটি অসমকেন্দ্রী চাকা লাগান থাকে। উহার সাহায্যে এই প্রান্তটি ধীরে ধীরে উচু ও নীচু করা যায়। ইহাতে

এক প্রকোষ্ঠের পারদ অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে, কিন্তু জল বা লবণোদক উহাদের প্রকোষ্ঠের বাহিরে যাইতে পারে না (চিত্র ১২-গ)।




চিত্র ১২-গ। কাস্‌নার-কেল্‌নার সেল

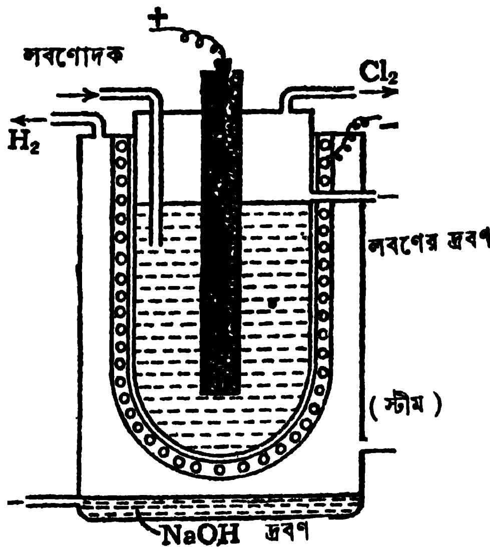
গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও লোহার ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলিতে থাকে। ব্যাটারী হইতে গ্র্যাফাইট তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহিঃপ্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। লবণোদকের ভিতর দিয়া উহা মেঝের পারদে উপনীত হয়। পারদ বাহিয়া বিদ্যুৎ-তরঙ্গ মধ্যপ্রকোষ্ঠের জলে সঞ্চারিত হয় এবং পরিশেষে লোহার ক্যাথোডের সাহায্যে ব্যাটারীতে ফিরিয়া যায়। বস্তুতঃ প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠই একটি বৈদ্যুতিক সেলের কাজ করে। বাহিরের প্রকোষ্ঠগুলিতে গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও পারদ ক্যাথোড এবং মধ্যপ্রকোষ্ঠে পারদই অ্যানোড ও লোহা ক্যাথোড। বিদ্যুৎ-পরিচালনার ফলে বহিঃপ্রকোষ্ঠের লবণ বিশ্লেষিত হইয়া গ্র্যাফাইটে ক্লোরিন ও পারদে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন সোডিয়াম পারদের সহিত মিশিয়া পারদ-সংকরের সৃষ্টি করে। নীচের চাকাটি ঘোরানোর ফলে সমস্ত ট্যাঙ্কটি একবার উঁচু ও একবার নীচু হইয়া দুলিতে থাকে। ফলে পারদ-সংকর বাহিরের প্রকোষ্ঠ হইতে মধ্যপ্রকোষ্ঠে চলিয়া আসে। এখানে জলের সংস্পর্শে আসিয়া সোডিয়াম কস্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন লোহার ক্যাথোডে নির্গত হয় ও উপরের নল দিয়া বাহিরে যাইতে পারে। যখন বিক্রিয়ার ফলে মধ্যপ্রকোষ্ঠের জল প্রায় শতকরা 20 ভাগ কস্টিক সোডা দ্রবণে পরিণত হয়, তখন উহাকে প্রকোষ্ঠ হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়। মধ্যপ্রকোষ্ঠ হইতে কস্টিক সোডার লঘুদ্রবণটি বাহির করিয়া লইয়া লোহার কড়াইতে গাঢ় করিয়া শুকাইয়া কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা হয়।

সমস্ত বিদ্যুৎ-প্রবাহ সচরাচর মধ্যপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয় না। মধ্যপ্রকোষ্ঠের পারদ এইজন্য একটি রোধ-কুণ্ডলীর (Resistance coil) ভিতর দিয়া ব্যাটারীর অপর প্রান্তের সহিত যুক্ত করা থাকে। ফলে, বহিঃপ্রকোষ্ঠ অতিক্রম করার পর বিদ্যুৎ-প্রবাহটি দুইভাগে বিভক্ত হইয়া যায় এবং উহার অধিকাংশ জলের ভিতর দিয়া যায় কিন্তু অপরাংশ রোধ-কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া ব্যাটারীতে ফিরিয়া আসে। এই সতর্কতা না লইলে খানিকটা পারদ মধ্যপ্রকোষ্ঠে আয়নিত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এই অপচয় প্রতিরোধ করা অবশ্য প্রয়োজন, কারণ পারদ যথেষ্ট দামী।

**১২-১৮। মধ্যচ্ছদীয় সেল সাহায্যে। নেলসন সেল।** এই পদ্ধতিতেও খাদ্যলবণেরই তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। যান্ত্রিক ব্যবস্থায় মধ্যচ্ছদাবিশিষ্ট কোন বৈদ্যুতিক সেল ব্যবহার করা হয়। এখানে নেলসন সেলের বিবরণ দেওয়া হইল।

এই সেলে U-আকৃতি বিশিষ্ট একটি সচ্ছিদ্র স্টীলের ক্যাথোড থাকে এবং সেলের মধ্যস্থলে একটি গ্র্যাফাইট-অ্যানোড থাকে। ক্যাথোডের ভিতরের দিকে গায়ে সংলগ্ন থাকে একটি পাতলা অ্যাসবেসটোসের পর্দা; উহাই মধ্যচ্ছদের কাজ করে। ক্যাথোডের অভ্যন্তরে লবণোদক (সম্পৃক্ত) লওয়া হয়। এই লবণোদক অনবরত সেলে প্রবেশ করে এবং উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ হইতে থাকে। অতিরিক্ত দ্রবণ একটি নির্গম-পথে বাহির হইয়া যায়। অ্যাসবেসটোসের ভিতর দিয়া দ্রবণ অথবা উৎপন্ন ক্লোরিন যাইতে পারে না, কিন্তু সোডিয়াম আয়ন উহা অতিক্রম করিয়া গিয়া ক্যাথোডে পতিত হইয়া সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হইতে পারে। ক্যাথোডের বাহিরে স্টীম পরিচালনা করা হয় (চিত্র ১২-ঘ)। ক্যাথোডে যে সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয় উহা স্টীমের সঙ্গে ক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে পরিণত হয় এবং সেলের নীচের অংশে সঞ্চিত হয়। এখান হইতে ক্ষার-দ্রবণ বাহির করিয়া লইয়া শুষ্ক করিয়া কঠিন কস্টিক সোডা তৈয়ারী করা হয়।

ক্লোরিন অ্যানোডে উৎসারিত হইয়া একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়।




চিত্র ১২-ঘ। নেলসন সেল, NaOH প্রস্তুতি

আরও অন্যান্য বৈদ্যুতিক সেল, যেমন গিবস সেল, ভোর্স সেল প্রভৃতিও এই পদ্ধতিতে ব্যবহার করা হয়।

**সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ধর্ম।** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একটি সাদা উদগ্রাহী কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব 2.13, গলনাঙ্ক 318°C। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, কোহলেও

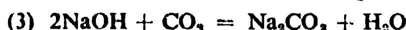
ইহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা আছে। ইহা একটি তীব্র ক্ষার এবং শরীরের ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে উহা দাহ এবং ক্ষতের সৃষ্টি করে।



(1) $NaOH = Na^+ + OH^-$



(2) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$



(3) $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু কস্টিকসোডার গাঢ় দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করে:



$$Zn + 2NaOH = H_2 + Na_2ZnO_2$$



$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 3H_2 + 2NaAlO_2$$

**সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ব্যবহার।** নানারকম শিল্পে কস্টিক সোডার প্রয়োজন হয়: (১) সাবান প্রস্তুতি, (২) কাগজ প্রস্তুতি, (৩) সোডিয়াম ধাতু উৎপাদন, (৪) কৃত্রিম সিল্ক উৎপাদন, (৫) পেট্রোলিয়াম পরিষ্করণ প্রভৃতি নানা ব্যবসায়ে ইহা ব্যবহৃত হয়। বিকারক হিসাবেও ল্যাবরেটরীতে ইহার প্রয়োজন হয়।

## ১২-১৯। সোডিয়াম ক্লোরাইড, খাদ্যলবণ, NaCl।

প্রকৃতিতে প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সমুদ্রজলে গড়ে শতকরা প্রায় 2.8 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইড থাকে। ইহা ছাড়া লবণের খনিতেও প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

ভারতবর্ষে অধিকাংশ খাদ্যলবণই সমুদ্রজল হইতে তৈয়ারী করা হয়। লবণখনি হইতেও কিছু লবণ সংগৃহীত হয়। রাজপুতানার সম্বর হ্রদের লবণও ব্যবহৃত হয়।

নানা কারণে সোডিয়াম ক্লোরাইডের চাহিদা খুব বেশী। খাদ্যলবণ হিসাবেই উহা প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া সোডিয়াম, কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম সালফেট, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ক্লোরিন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড অবশ্য প্রয়োজনীয়। মাটির বাসনের উপর চিক্কণলেপ দিতেও সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়।

**খাদ্যলবণ প্রস্তুতি।** ভারতবর্ষ, চীন, ক্যালিফোর্নিয়া প্রভৃতি গ্রীষ্মপ্রধান দেশে প্রধানতঃ সমুদ্রজল হইতেই খাদ্যলবণ উৎপাদন করা হয়। অগভীর কিন্তু খুব প্রকাণ্ড ট্যাঙ্কে সমুদ্র-জল রাখিয়া দেওয়া হয়। সূর্যকিরণের তাপে উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া যাইতে থাকে এবং দ্রবণটি যখন যথেষ্ট গাঢ় হয় তখন উহা হইতে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়। ইহা সংগ্রহ করিয়া খাদ্যলবণরূপে ব্যবহৃত হয়। খাদ্যলবণ সংগ্রহ করার পর যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে তাহাকে 'বিটার্ন' (Bittern) বলে এবং উহা হইতে ম্যাগনেসিয়াম, ব্রোমিন প্রভৃতি পাওয়া সম্ভব।

শীতপ্রধান, বিশেষতঃ হিমমণ্ডলের নিকটস্থ দেশে সূর্যকিরণের প্রাচুর্য ও তীব্রতা কম। এইজন্য এই সকল দেশে আজকাল সমুদ্রজলকে শীতলীকৃত করিয়া উহাকে আংশিকভাবে কঠিন বরফে পরিণত করা হয় এবং এই বরফ পৃথক করিয়া লইয়া সমুদ্রজল গাঢ় করা হয়। এইভাবে সম্পৃক্ত করিয়া সমুদ্রজল হইতে খাদ্যলবণ সহজেই কেলাসিত করিতে পারা যায়।

**বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুতি।** বিশুদ্ধ অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড পাইতে হইলে সাধারণ খাদ্যলবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। ইহাতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক কেলাসিত হইয়া আসে।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড স্বচ্ছ, বর্ণহীন, স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। সাধারণ খাদ্যলবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা বায়ু হইতে জল আকর্ষণ করিয়া গলিয়া যায়। কিন্তু NaCl বস্তুতঃ উদ্‌গ্রাহী নয়। উহার সঙ্গে প্রায়ই কিছু $CaCl_2$ ও $MgCl_2$ থাকে, উহারাই জল আকর্ষণ করে এবং লবণ গলিয়া যায়।

## সোডিয়াম কার্বনেট

**১২-২০। সোডিয়াম কার্বনেট, $Na_2CO_3$, $10H_2O$।** সমুদ্রজাত উদ্ভিদ পোড়াইলে উহার ভস্মে সোডিয়াম কার্বনেট থাকে। প্রাচীনকালে এইভাবেই সোডিয়াম কার্বনেট তৈয়ার হইত। এইযুগে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করার তিনটি পদ্ধতি আছে। (১) লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতি (Le Blanc process) (২) অ্যামোনিয়া-সোডা বা সল্‌ভে পদ্ধতি (Ammomia-Soda or Solvay process) এবং (৩) বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic process)।

মিশর ও পূর্ব-আফ্রিকার শুষ্ক হ্রদগুলিতে যথেষ্ট পরিমাণে 'ট্রোনা' (Trona) পাওয়া যায়, $Na_2CO_3$, $NaHCO_3$, $2H_2O$। উত্তপ্ত করিলে নিরুদনের ফলে উহা সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

**১২-২১। লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতি।** এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন হয়: (ক) খাদ্য-লবণ, (খ) সালফিউরিক অ্যাসিড, (গ) চুনাপাথর এবং (ঘ) কোক।

প্রথমতঃ খাদ্যলবণকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ একটি সংবৃত চুল্লীতে তাপিত করা হয়। উহাতে সোডিয়াম সালফেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। গলিত অবস্থায় উহা বাহির করিয়া লওয়া হয়। জমিয়া গেলে পিণ্ডকাকার হয় বলিয়া উহাকে বলে, 'সল্ট-কেক' (salt-cake)।



$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

সোডিয়াম সালফেট এবং HCl উভয়েরই বাজারে চাহিদা আছে। বস্তুতঃ সোডিয়াম সালফেট এই পদ্ধতিতেই তৈয়ারী হয়। যদিও সোডিয়াম কার্বনেট বর্তমানে সাধারণতঃ সল্‌ভে প্রণালীতে প্রস্তুত করা হয়।

অতঃপর সোডিয়াম সালফেটের সঙ্গে সমপরিমাণ ওজনের চুনাপাথর এবং অর্ধপরিমাণ ওজনের কোকচূর্ণ মিশাইয়া 1000°C-তাপমাত্রায় একটি ঘূর্ণচুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। প্রডিউসার গ্যাস চুল্লীর ভিতরে জ্বালাইয়া এই উত্তাপ সৃষ্টি করা হয়। সোডিয়াম সালফেট কোক দ্বারা বিজারিত হইয়া প্রথমে সালফাইড পরিণত হয়। পরে উহা চুনাপাথরের সঙ্গে বিক্রিয়াতে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।



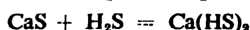
$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO; \qquad Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$$

বিক্রিয়াশেষে চুল্লী হইতে যে কালো পদার্থ পাওয়া যায়, উহাকে বলে 'কৃষ্ণভস্ম' (Black Ash)। ইহাতে শতকরা 45% সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে CaS, CaO, C ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। মিশ্রণটি চূর্ণ করিয়া জলে ফুটাইয়া সোডিয়াম কার্বনেটকে দ্রবিত করা হয়। ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোডিয়াম কার্বনেট $Na_2CO_3, 10H_2O$ কেলাসিত হয়।

অবশেষে যে CaS থাকে উহার সালফার মূল্যবান, তাই অনেকসময় নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার দ্বারা উহা উদ্ধার করা হয়:



$$CaS + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + H_2S$$

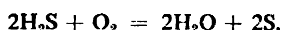


$$CaS + H_2S = Ca(HS)_2$$



$$Ca(HS)_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + 2H_2S$$

অপ্রচুর এবং নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহে $H_2S$-কে পোড়ান হয়:

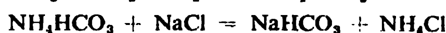


$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S.$$

**১২-২২। অ্যামোনিয়া-সোডা বা সল্‌ভে পদ্ধতি।** এই প্রণালীতেও সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ হইতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় লবণোদক প্রথমে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া লওয়া হয়। এই অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণোদকে পরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে, অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। তৎপর অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া উহাকে বিয়োজিত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়।



$$NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$$



$$NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 + NH_4Cl$$



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

উপজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে চুনের সাহায্যে অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতির বিভিন্ন প্রয়োজনীয় পদার্থের ভিতর অ্যামোনিয়াই সর্বাপেক্ষা দামী। সুতরাং, সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া আবার ফিরিয়া পাওয়া একান্ত প্রয়োজন।



$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

চুনাপাথর পোড়াইয়া প্রয়োজনীয় $CO_2$ প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়।

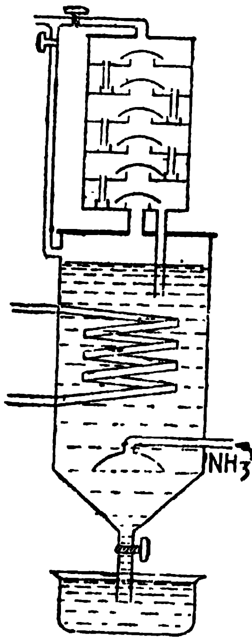


$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

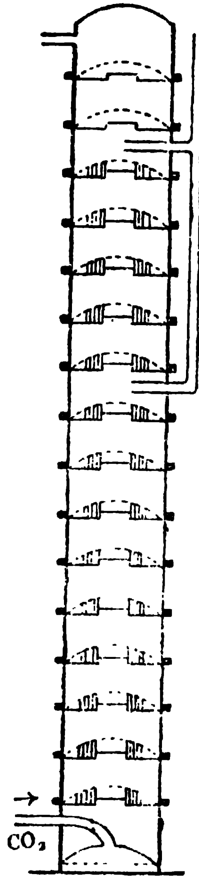
অতএব, এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন: (১) লবণোদক (brine) (২) চুনাপাথর (limestone) (৩) অ্যামোনিয়া (ammonia)।

সমস্ত প্রণালীটিকে কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করিয়া দেখা যাইতে পারে।

(১) **লবণোদকের অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি।** একটি লোহার ট্যাঙ্কের ভিতর লবণোদক অ্যামোনিয়াদ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। উপরস্থ একটি চৌবাচ্চা হইতে ধীরে ধীরে সর্বদাই এই ট্যাঙ্কে গাঢ় লবণোদক প্রবাহিত করা হয় এবং একটি নলের সাহায্যে লবণোদকের ভিতর ট্যাঙ্কের নীচের দিকে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করান হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস




চিত্র ১২-ঙ। লবণোদকের অ্যামোনিয়াসম্পৃক্তি




চিত্র ১২-চ। অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদকের অঙ্গারাম্লীকরণ

উপরের দিকে বুদ্‌বুদের আকারে উঠিবার সময় লবণোদকে দ্রবীভূত হইতে থাকে। এইরূপে লবণোদক অ্যামোনিয়াতে সম্পৃক্ত হয়। অ্যামোনিয়া দ্রবণ-কালে তাপ-উদ্ভব হয়, সেইজন্য লবণোদকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। অথচ উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা কমিয়া যায়, সেইজন্য একটি কুণ্ডলাকৃতি নল এই ট্যাঙ্কে রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা 40°-60° ডিগ্রীর ভিতর রাখা হয়। অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক অতঃপর নীচে একটি প্রকাণ্ড হৌজে আসিয়া জমা হয় (চিত্র ১২-ঙ)।

(২) **অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদকের অঙ্গারাম্লীকরণ** (carbonation)। পাম্পের সাহায্যে অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক একটি সু-উচ্চ স্তম্ভের উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং স্তম্ভের ভিতর আস্তে আস্তে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভটিকে সল্‌ভেস্তম্ভ বলা হয়। ইহার ভিতর অনেকগুলি লোহার প্লেট আড়াআড়ি সংলগ্ন থাকে এবং প্লেট-গুলির মধ্যস্থলে একটি করিয়া ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্রের ঈষৎ উপরে একটি ব্যাঙের ছাতার মত গোলাকার ছোট ঢাক্‌নি থাকে। ঢাক্‌নিটি এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ছিদ্রপথে গ্যাস বা তরল পদার্থের চলাচল সম্ভব হয়। উপর হইতে ধীরে ধীরে অ্যামো-

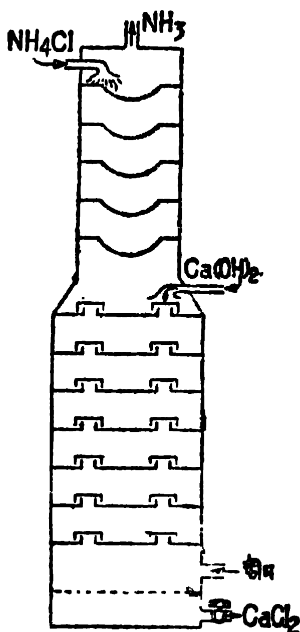
নিয়া-যুক্ত লবণোদক পর পর এই ঢাক্‌নিগুলির উপর পড়ে এবং উহা বাহিয়া ছিদ্রপথ দিয়া পরবর্তী প্রকোষ্ঠে আসিতে থাকে। এইভাবে লবণোদক নীচের দিকে নামিতে থাকে, এবং নীচ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপরের দিকে পরিচালিত করা হয়। বিপরীতমুখী $CO_2$-গ্যাস ও অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক নিবিড় সংস্পর্শে আসে (চিত্র ১২-চ)। ইহাতে প্রথমে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপাদন করে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণীয়তা অপেক্ষাকৃত কম এবং লবণোদকে উহার দ্রাব্যতা খুবই কম। সুতরাং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট খুব ছোট ছোট স্ফটিকের আকারে কেলাসিত হইয়া লবণোদকে প্রলম্বিত (suspended) অবস্থায় থাকে। এইভাবে লবণোদকের প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ সোডিয়াম ক্লোরাইড বাই-কার্বনেটে রূপান্তরিত হইয়া থাকে। প্রয়োজনীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি চুনের ভাটিতে চুনাপাথর পোড়াইয়া তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। স্তম্ভের ভিতরে সাধারণতঃ উষ্ণতা $30^\circ \sim 50^\circ C$ ভিতর রাখাই সমীচীন। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট সহ স্তম্ভের সমস্ত লবণোদক নীচের একটি নির্গমপথে বাহিরে আসে।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ফেল্ট কাপড়ের উপর ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। একটি ঘূর্ণায়মান পরিস্রাবক এইজন্য ব্যবহার করা হয়—অতঃপর এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একত্র সংগৃহীত করিয়া একটি ঘূর্ণ-চুল্লীতে 180°C উষ্ণতায় তাপিত করা হয়। ফলে উহা বিয়োজিত এবং নিরুদিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং কিছু $CO_2$ গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইডও সল্‌ভে-স্তম্ভে ব্যবহৃত হয়। ঘূর্ণচুল্লী হইতে যে সাদা শুষ্ক বিচূর্ণ পদার্থ পাওয়া যায় উহাই অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট।



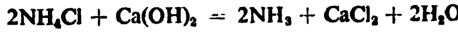
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

(৩) **অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার।** সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ছাঁকিয়া পৃথক করায় যে পরিস্রুত পাওয়া যায়, উহাতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ছাড়াও সমস্তটুকু উপজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড থাকে। এই পরিস্রুত হইতে সমস্ত অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া আবার ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়া উদ্ধার আর একটি বিশেষ রকমের উচ্চ স্তম্ভে সম্পাদিত হয় (চিত্র ১২-ছ)। ইহার উপর হইতে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত পরিস্রুতটি নীচের দিকে পরিচালিত করা হয়। স্তম্ভটির নীচের দিক হইতে স্টীম প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় এবং প্রায় মধ্যস্থলে একটি নলের সাহায্যে জলের সহিত কলিচুন মিশ্রিত করিয়া প্রবেশ করান হয়। স্টীমের উত্তাপে কলিচুন অ্যামো-




চিত্র ১২-ছ। অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার

নিয়াম ক্লোরাইড হইতে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া নিষ্কাশিত করে এবং উহা উপরের দিকে উঠিয়া নির্গল-নল দ্বারা বাহির হইয়া আসে।



$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$



$$NH_4HCO_3 = NH_3 + CO_2 + H_2O$$

উৎপন্ন অ্যামোনিয়া পুনরায় লবণোদক সম্পৃক্তীকরণে ব্যবহৃত হয়। সম্পূর্ণ পদ্ধতিটির একটি মোটামুটি চিত্র (১২-জ) এখানে দেওয়া হইল।

চিত্র ১২-জ। সল্‌ভে প্রণালীতে $Na_2CO_3$ প্রস্তুতকরণ।

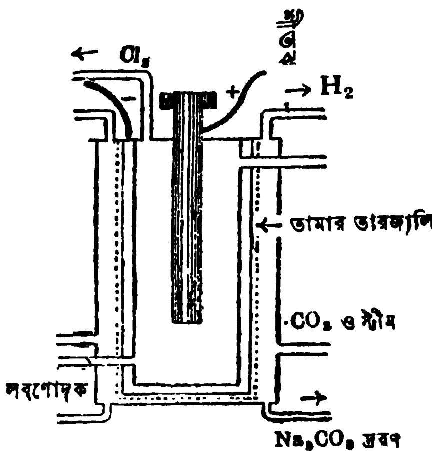
**সল্‌ভে প্রণালীর সুবিধা।** গত শতাব্দীতে লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতেই সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত হইত, কিন্তু সল্‌ভে প্রণালীর প্রবর্তনে লেঁ ব্লাঙ্কের পদ্ধতির প্রচলন বন্ধ হইয়া

গিয়াছে। এখন প্রায় সর্বত্রই সল্‌ভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী হয়। সল্‌ভে প্রণালীর বিশেষ সুবিধা এই যে (১) উহার কাঁচামাল সস্তা ও সহজলভ্য, (২) এই পদ্ধতিতে বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না, সুতরাং জ্বালানির ব্যয় খুব কম, (৩) এই প্রণালীতে প্রস্তুত সোডা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ এবং এই পদ্ধতির উৎপাদন-ক্ষমতা বা কার্যকারিতাও অধিকতর। প্রণালীটির অবশ্য দুইটি অসুবিধার কথাও উল্লেখ করা প্রয়োজন। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পূর্ণ ক্লোরিনটুকুই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং উহার কোন উপযুক্ত চাহিদা নাই। দ্বিতীয়তঃ, অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক যথেষ্ট দুর্গন্ধযুক্ত এবং ক্ষারগুণসম্পন্ন। উহার পরিচালন ইত্যাদি বেশ কষ্টসাধ্য ব্যাপার।

লেঁ ব্লাঙ্ক প্রণালীর প্রধান সুবিধা এই যে উহাতে উপজাত দ্রব্য হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং ক্যালসিয়াম সালফাইড হইতে প্রয়োজন হইলে সালফার উদ্ধার করা যায়। কিন্তু প্রণালীটি ব্যয়বহুল এবং উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেট তত বিশুদ্ধ নয়।

সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত না হইলেও লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে এখনও যথেষ্ট সোডিয়াম সালফেট তৈয়ারী করা হয়।

**১২-২৩। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (হারগ্রিভস-বার্ড পদ্ধতি) [Hargreaves-Bird Process]।** একটি মধ্যাবরক সেলে লবণোদক তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া কস্টিক সোডা উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়। ইহাই এই পদ্ধতির মূল কথা। হারগ্রিভস-বার্ড সেলে এই পরিবর্তন সম্পাদিত হয়। সেলটির প্রাচীরের ভিতরের দিকটি সিমেন্ট-লিপ্ত থাকে। সিমেন্ট-অ্যাসবেসটোসের তৈয়ারী দুইটি আবরক-প্রাচীরের (diaphragm wall) সাহায্যে সেলটি তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে (চিত্র-১২-ঝ)। এই মধ্যাবরক প্রাচীর দুইটির বাহিরের দিকে দুইটি তামার তারজালি সংলগ্ন থাকে। মধ্য-প্রকোষ্ঠটিতে লবণোদক রাখা হয় এবং উহাতে একটি গ্যাস-কার্বনের অ্যানোড নিমজ্জিত থাকে। তারজালি দুইটি ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত হয়। সমস্ত সেলটির একটি ঢাকনি আছে এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে গ্যাসনির্গম-পথ আছে।




চিত্র ১২-ঝ। হারগ্রিভস-বার্ড-সেল

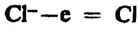
বিশ্লেষণ করার সময় তারজালি দুইটি একটু জলে সিক্ত করিয়া লওয়া হয় এবং অ্যানোড ও ক্যাথোড ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম আয়নগুলি সিমেন্টের মধ্যাবরকের ভিতর দিয়া আসিয়া তারজালিতে আধানমুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। বাহিরের প্রকোষ্ঠে দুইটি নলের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও স্টীম প্রবেশ করান হইতে থাকে। সোডিয়াম স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কস্টিক সোডা উৎপন্ন করে এবং পরে উহা $CO_2$ দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। সঞ্জাত হাইড্রোজেন উপরের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। নীচের একটি নির্গমপথ দিয়া

সোডিয়াম-কার্বনেটের দ্রবণ বাহির করিয়া লইয়া উহা হইতে সোডা-স্ফটিক কেলাসিত করা হয়।



$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

অ্যানোডে

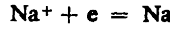


$$Cl^- - e = Cl$$



$$Cl + Cl = Cl_2$$

ক্যাথোডে



$$Na^+ + e = Na$$



$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$



$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$



$$2Na + H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2$$

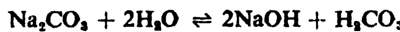
**১২-২৪। সোডিয়াম কার্বনেটের ধর্ম।** দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে যে সাদা সোডিয়াম কার্বনেট স্ফটিক পাওয়া যায়, উহাতে প্রত্যেক অণুর সহিত দশটি জলের অণু সংযুক্ত থাকে—$Na_2CO_3, 10H_2O$। ইহাই বাজারে 'কাপড়-কাচা সোডা' নামে পরিচিত। বাতাসে রাখিয়া দিলে এই সোদক স্ফটিক হইতে জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং উদত্যাগী স্ফটিক হইতে একটি নূতন সোডার উদ্ভব হয়। উহাতে সোডার প্রতি অণুতে একটিমাত্র জলের অণু থাকে।



$$Na_2CO_3, 10H_2O = Na_2CO_3, H_2O + 9H_2O$$

অধিকতর উত্তাপে জল সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়া অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-ভস্ম (Soda Ash) বলা হয়।

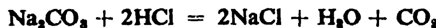
অতিরিক্ত তাপে সোডিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় বটে কিন্তু বিযোজিত হয় না। ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারগুণসম্পন্ন। তীব্র ক্ষার এবং মৃদু অম্ল হইতে উৎপন্ন হওয়াতে লবণ হওয়া সত্ত্বেও ইহাতে ক্ষারকত্ব পরিলক্ষিত হয়। জলীয় দ্রবণে খানিকটা লবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া তীব্রক্ষার উৎপাদন করিয়া থাকে:



$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$

মিথাইল অরেঞ্জ বা ফিনলথ্যালিন উভয়েই সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণকে ক্ষারীয় বলিয়া নির্দেশ করিবে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণও ক্ষারকীয়। উহাতে মিথাইল অরেঞ্জ দিলে ক্ষারকীয় নির্দেশ পাওয়া যাইবে, কিন্তু উহাতে ফিনলথ্যালিন দিলে অম্ল মনে হইবে।

অন্যান্য কার্বনেটের মত সোডাও অ্যাসিডের সংস্পর্শে $CO_2$ উৎপাদন করে।



$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

**ব্যবহার।** কাচ, সাবান ও কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে প্রচুর সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হয়। বস্ত্র ও কাগজ শিল্পেও সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। বস্ত্র এবং অন্যান্য দ্রব্য পরিস্করণে, ল্যাবরেটরীর বিক্রিয়ক হিসাবে এবং আরও নানা প্রয়োজনে সোডিয়াম কার্বনেটের যথেষ্ট চাহিদা। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটেরও চাহিদা আছে। ঔষধ হিসাবে এবং $CO_2$ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। রুটি বা বিস্কুট তৈয়ারীতে যে বেকিং পাউডার (baking powder) লাগে, উহাতে পটাসিয়াম-হাইড্রোজেন টারটারেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট থাকে। জলের সংস্পর্শে এই মিশ্রণ হইতে $CO_2$ উৎপন্ন হয় ও রুটি ফাঁপিয়া ওঠে।

**১২-২৫। সোডিয়াম সালফেট, $Na_2SO_4$।** লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতেই সোডিয়াম সালফেট প্রস্তুত করার বিবরণ দেওয়া হইয়াছে। সংবৃতচুল্লী হইতে যে 'সল্ট-কেক' পাওয়া যায় উহাকে বড় বড় কাঠের ট্যাঙ্কে গরম জলে স্টীমের সাহায্যে দ্রবীভূত করা হয়। অতিরিক্ত অপরিবর্তিত যে সালফিউরিক অ্যাসিড উহাতে থাকে তাহা কলিচুন সাহায্যে প্রশমিত করা হয়। পরে এই দ্রবণটি ছাঁকিয়া সীসাবৃত কাঠের ট্যাঙ্কে শীতল করা হয়। তখন ইহা হইতে সোদক সোডিয়াম সালফেট, $Na_2SO_4, 10H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহাকে 'গ্লবার লবণ' (Glauber's salt) বলা হয়।

সোডিয়াম সালফেট কাগজ ও কাচশিল্পে সর্বাধিক প্রয়োজন হয়। সোডিয়াম সালফাইড তৈয়ারী করার জন্যও সোডিয়াম সালফেট দরকার। ঔষধ হিসাবে সোডিয়াম সালফেট ব্যবহৃত হয়।

**১২-২৫। সোডিয়াম নাইট্রাইট, $NaNO_3$।** দক্ষিণ আমেরিকার চিলি, পেরু প্রভৃতি অঞ্চলে 'ক্যালিচি' (caliche) নামক প্রাকৃতিক স্তূপে ইহা প্রচুর পরিমাণে আছে। এই ক্যালিচিকে সংগ্রহ করিয়া জলে ফুটাইয়া দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। উহা ছাঁকিয়া শীতল করিলেই সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়। শেষদ্রবে যে গাঢ় দ্রবণ থাকে উহাতে সামান্য সোডিয়াম-আয়োডেট থাকে। উহা হইতে আয়োডিন উদ্ধার করা হয়।

সাদা উদগ্রাহী সোডিয়াম নাইট্রেট জলে দ্রবণীয়। ইহা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে প্রয়োজন। কৃত্রিম সার হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

**১২-২৬। সোডিয়াম নাইট্রাইট, $NaNO_2$।** লেড ধাতুর সঙ্গে বা একাকী সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম নাইট্রাইট প্রস্তুত করা হয়।



$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2 \qquad NaNO_3 + Pb = NaNO_2 + PbO$$

উৎপন্ন পদার্থ জলে ফুটাইয়া ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণ গাঢ় করিলে সোডিয়াম নাইট্রাইট পাওয়া যায়।

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জারণ-জাত $NO + NO_2$ গ্যাস প্রবাহিত করিয়া শিল্প-প্রয়োজনের সোডিয়াম নাইট্রাইট প্রস্তুত হয়।



$$Na_2CO_3 + NO + NO_2 = 2NaNO_2 + CO_2$$

ইহার সাদা স্ফটিকের গলনাঙ্ক 284°C; কিঞ্চিৎ উদগ্রাহী, জলে অতিশয় দ্রবণীয়। অ্যানিলীন ও অ্যাজো রং প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।

**১২-২৭। সোডিয়াম বাইকার্বনেট, $NaHCO_3$।** সল্‌ভে পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবনোদককে অঙ্গারাম্লীকরণের ফলে সোডিয়াম বাইকার্বনেট কেলাস দ্রবণ হইতে বাহির হইয়া আসে। ইহাই এই লবণ তৈয়ারী করার প্রধান উপায়।

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে $CO_2$-দ্বারা সম্পৃক্ত করিলেও ইহা পাওয়া যায়:



$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$$

সাদা নিস্নতাকার স্বচ্ছ এই লবণটি জলে মোটামুটি দ্রবণীয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণ হেতু ইহার জলীয় দ্রবণটি ঈষৎ ক্ষারকীয়। ইহার জলীয় দ্রবণকে 100°C-এ উত্তাপিত

করিলে সোডিয়াম সেস্‌কুইকার্বনেট, $Na_2CO_3$, $NaHCO_3$, $2H_2O$ পাওয়া যায়। 250°C উষ্ণতায়, সোডিয়াম বাইকার্বনেট বিভাজিত হইয়া যায়:



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

সোডিয়াম বাইকার্বনেট ঔষধে ব্যবহার হয়; বিভিন্ন বাতান্বিত পানীয়, যেমন, সোডা, লেমনেড্ ইত্যাদিতে ব্যবহার করা হয়। অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রেও ইহা প্রয়োজন হয়। রুটি, বিস্কুট প্রভৃতির প্রস্তুতিতে যে বেকিং-পাউডার লাগে উহা তৈয়ারী করিতে, ইহা বিশেষ প্রয়োজন।

**১২-২৮। সোডিয়াম সালফাইড, $Na_2S, 9H_2O$।** লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে যে 'সল্ট-কেক' পাওয়া যায়, উহাকে কোকচূর্ণ সহ একটি সংবৃত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়।



$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$

চুল্লী হইতে গলিত পদার্থ বাহির করিয়া ঠাণ্ডাজলে আলোড়িত করিলে সোডিয়াম সালফাইড দ্রবিত হয়। এই দ্রবণটি ছাঁকিয়া, গাঢ় করিলে সোডিয়াম সালফাইডের বর্ণহীন স্ফটিক কেলাসিত হয়।

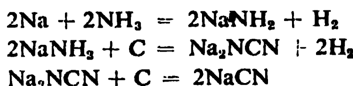
সোডিয়াম সালফাইড উদ্‌গ্রাহী। উহার জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণ হেতু ক্ষারকীয়।



$$Na_2S + H_2O = NaOH + NaHS$$

সালফার-জাত রং প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**১২-২৯। সোডিয়াম সায়নাইড, NaCN।** একটি আবৃত চুল্লীতে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহে গলিত সোডিয়াম ও চারকোল চূর্ণ উত্তপ্ত করিলে, প্রথমে সোডামাইড উৎপন্ন হয়। পরে উহা বিজারিত হইয়া সোডিয়াম সায়নামাইড এবং সোডিয়াম সায়নাইড দেয়।



$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$
$$2NaNH_2 + C = Na_2NCN + 2H_2$$
$$Na_2NCN + C = 2NaCN$$

কোল-গ্যাসে কিছু হাইড্রোজেন সায়ানাইড (HCN) থাকে। কোল-গ্যাসকে ঈষৎ ক্ষারকীয় ফেরাস-সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে, ঐ HCN দ্রাবিত হইয়া সোডিয়াম ফেরোসায়ানাইডে পরিণত হয়। এই ফেরোসায়ানাইডকে ধাতব সোডিয়াম সহ বড় বড় মুচিতে গালাইলে উহা হইতে সোডিয়াম সায়নাইড পাওয়া যায়:



$$Na_4Fe(CN)_6 + 2Na = 6NaCN + Fe$$

এই বর্ণহীন লবণটি জলে দ্রবণীয়, কিন্তু উহার কিছু আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয়।



$$NaCN + H_2O = NaOH + HCN$$

ধাতুর তড়িৎ-লেপনে (electroplating) এবং খনিজ হইতে কোন কোন ধাতুর নিষ্কাশনে [যেমন Ag, Cu, ইত্যাদি] ইহা প্রয়োজন হয়।

**সোডিয়াম যৌগের পরীক্ষা:** (১) বুনসেন দীপে শিক্ষা-পরীক্ষায় সমস্ত সোডিয়াম যৌগ সোনালী হলুদ বর্ণের শিখার সৃষ্টি করে। নীল কোবাল্ট-কাচের মধ্য দিয়া তাকাইলে ঐ শিখা দেখা যায় না।

(২) সিক্ত-পরীক্ষা। (ক) সোডিয়াম লবণের গাঢ় দ্রবণ হইতে পটাসিয়াম পাইরো-অ্যান্টিমোনেট শ্বেত-অধঃক্ষেপ দেয়।



$$2NaCl + K_2H_2Sb_2O_7 = Na_2H_2Sb_2O_7 + 2KCl$$

(খ) সোডিয়াম লবণের গাঢ় দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম-ইউরেনিল অ্যাসিটেট দ্রবণ মিশাইলে, পীত অধঃক্ষেপ $[NaMg(UO_2)_3(CH_3COO)_9]$ পাওয়া যায়।

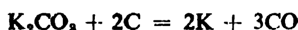
## পটাসিয়াম

চিহ্ন K, ক্রমাঙ্ক 19, পাঃ গুরুত্ব 39.1, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

অতি প্রাচীন কাল হইতেই কাষ্ঠ-ভস্ম হইতে পটাস-কার্বনেট প্রস্তুত করার পদ্ধতি জানা ছিল। ডেভি (1808) সর্বপ্রথম বিগলিত পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িদ্-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতুটি তৈয়ারী করেন।

সোডিয়ামের ন্যায় পটাসিয়াম যৌগও ভূপৃষ্ঠে বহু-বিস্তৃত। প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের ইহা এক আবশ্যকীয় উপাদান। পটাসিয়ামের প্রধান উৎস জার্মেনীর স্টাস্ফার্ট খনিজ-স্তূপ। এই স্তূপে পটাসিয়ামের প্রধান আকরিক হইল; (১) কার্ণালাইট (carnallite), $KCl, MgCl_2, 6H_2O$ (২) ক্যানাইট (kainite) $MgSO_4, KCl, 3H_2O$ (৩) পলি-হ্যালাইট (polyhalite) $2CaSO_4, MgSO_4, K_2SO_4, 2H_2O$। ইহা ছাড়া অন্যান্য খনিজ যথা অর্থোক্লেজ (orthoclase) $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$, মাইকা (mica) $KH_2Al_3(SiO_4)_3$ ইত্যাদিতে সিলিকেটরূপে আছে। প্রধানতঃ স্টাসফার্ট স্তূপ হইতে পটাসিয়াম যৌগ প্রস্তুত হয়।

**১২-৩০। পটাসিয়াম প্রস্তুতি।** পটাসিয়াম কার্বনেট ও কার্বনের নিবিড় মিশ্রণ শ্বেত-তপ্ত করিলে পটাসিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত হয়।



$$K_2CO_3 + 2C = 2K + 3CO$$

কিন্তু এই পদ্ধতিতে ঠাণ্ডা করার সময় পটাসিয়াম কার্বনিল $[K_6(CO)_6]$ হওয়ার সম্ভাবনা আছে। উহা বিস্ফোরক। সেইজন্য এই পদ্ধতি সাবধানে প্রয়োগ করিতে হয়।

আজকাল প্রায়ই বিগলিত পটাসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িদ্-বিশ্লেষণে ধাতুটি তৈয়ারী করা হয়। কিছু পটাসিয়াম ফ্লুরাইড উহার সঙ্গে মিশাইয়া লওয়া হয়, গলনাঙ্ক হ্রাস করার জন্য। উৎপন্ন ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে রাখা হয়।

পটাসিয়াম ফ্লুরাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বাইডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলেও পটাসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়;



$$2KF + CaC_2 = 2K + CaF_2 + 2C$$

**ধর্ম।** (ক) পটাসিয়াম একটি নরম রূপালী-শ্বেত ধাতু। ইহার গলনাঙ্ক 62.3°C, স্ফুটনাঙ্ক 760°C এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.86. ইহা অতি-সামান্য তেজস্ক্রিয়। $^{40}K$ আইসোটোপ $\beta$-রশ্মি বিকিরণ করে।

(খ) ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ব্যাপারে ইহা সোডিয়ামের সদৃশ, তবে সোডিয়াম অপেক্ষা ইহা অধিক সক্রিয়। যেমন, জলের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়া এত দ্রুত এবং প্রচণ্ড

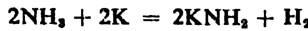
যে, উৎপন্ন হাইড্রোজেনে তৎক্ষণাৎ আগুন ধরিয়া যায় এবং অবশিষ্ট ধাতুও বিস্ফোরণ সহকারে জ্বলিয়া ওঠে।



$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

বায়ু বা অক্সিজেনে জ্বলিয়া ইহা $K_2O_4$ উৎপন্ন করে।

(গ) সোডিয়ামের ন্যায় পটাসিয়াম-ও তরল অ্যামোনিয়ায় দ্রবীভূত হইয়া একটি নীল দ্রবণ সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়া গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে ইহাও পটাসামাইড, $KNH_2$ উৎপন্ন করে ( তুঃ $NaNH_2$ )।



$$2NH_3 + 2K = 2KNH_2 + H_2$$

(ঘ) 360°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়,



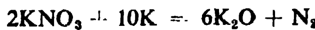
$$H_2 + 2K = 2KH$$

ব্যবহার। (ক) ইহা আলোক-তড়িৎ-সেলে (photoelectric cells) ব্যবহৃত হয়। (খ) পটাসিয়াম সায়ানাইড প্রস্তুতিতে-ও ইহার প্রয়োজন হয়। (গ) ইহার পারদ-সংকর একটি বিজারক দ্রব্য। (ঘ) সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের তরল সংকরটি উচ্চ উষ্ণতার থার্মোমিটারে ব্যবহৃত হয়।

## পটাসিয়ামের প্রধান কয়েকটি যৌগ

**১২-৩১। পটাসিয়াম অক্সাইড।** অক্সিজেনের সঙ্গে পটাসিয়াম দুইটি যৌগ গঠন করে।

(ক) **পটাসিয়াম মনোক্সাইড, $K_2O$।** পটাসিয়াম নাইট্রেটকে পটাসিয়াম সহ উত্তপ্ত করিলে পটাসিয়াম মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2KNO_3 + 10K = 6K_2O + N_2$$

ঈষৎ পীতাভ এই কঠিন পদার্থটি জলাকর্ষী। জলের সঙ্গে ইহা প্রচণ্ড তৎপরতার সঙ্গে ক্রিয়া করে এবং কস্টিক পটাস উৎপাদন করে।



$$K_2O + H_2O = 2KOH$$

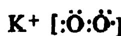
(খ) **পটাসিয়াম ডাই-অক্সাইড, $KO_2$।** কখন কখনও ইহাকে পটাসিয়াম সুপার-অক্সাইডও বলা হয়। অতিরিক্ত অক্সিজেন প্রবাহে ধাতব পটাসিয়াম পোড়াইলে এই ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহা কমলা রংয়ের উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট কঠিন পদার্থ। জলের সঙ্গে উহার বিক্রিয়াতে কস্টিক পটাস, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেন পাওয়া যায়।



$$2KO_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2 + O_2$$

বলা বাহুল্য, ইহা একটি শক্তিশালী জারক।

ইহার সমচুম্বকীয় (paramagnetic) ধর্মের জন্য ইহাতে একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে ধরা হয়। ইহার গঠন-সংকেত।



$$K^+ [:\ddot{O}:\ddot{O}\cdot]$$

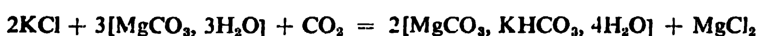
**১২-৩২। পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, KOH।** প্রস্তুত করার পদ্ধতি এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের দিক হইতে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড-অনুরূপ স্বভাব-সম্পন্ন। পটাসিয়াম কার্বনেটকে কস্টিকীকৃত করিয়া কিংবা পটাসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িদ্-বিশ্লেষিত করিয়া কস্টিক পটাস তৈয়ারী হয়। এই সকল প্রণালী সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড তৈরীর অনুরূপ।

ইহা একটি শ্বেত কঠিন উদ্‌গ্রাহী পদার্থ (গলনাঙ্ক, 360.4°C)। ইহা তাপে বিভাজিত হয় না। বায়ু হইতে সহজেই জল ও $CO_2$ শোষণ করে। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণ তীক্ষ্ণ ক্ষারগুণসম্পন্ন। বিগলিত অবস্থায় ইহা লৌহ, নিকেল ও রৌপ্য ব্যতীত অন্যান্য অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে। সেইজন্য ইহাকে কেবল লৌহপাত্রে গলান হয়।

**ব্যবহার।** বিকারক হিসাবে ইহা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োজন হয়। ইহার কোহলীয় দ্রবণ জৈব রাসায়নিক অনেক বিক্রিয়াতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। $CO_2$-গ্যাস শোষণ করার জন্য ইহা প্রয়োজন। নরম সাবান প্রস্তুত করার জন্য পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

**১২-৩৩। পটাসিয়াম কার্বনেট, $K_2CO_3$।** ইহার অপর এক নাম পার্ল-ভস্ম (Pearl ash)। উদ্ভিদ-ভস্মে পটাস-কার্বনেট থাকে। ঐ ভস্মকে জল দিয়া ভালভাবে আলোড়িত করিলে পটাস-কার্বনেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণটি ছাঁকিয়া শুষ্ক করিলেই কঠিন $K_2CO_3$ পাওয়া যায়।

বর্তমানে অবশ্য প্রেক্‌ট পদ্ধতিতে (Precht process) ইহা তৈয়ারী করা হয়। গাঢ় পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোদক ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট প্রলম্বিত রাখিয়া ক্রমাগত $CO_2$-গ্যাস পরিচালিত করিলে একটি দ্বিধাতুক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে। উহার সংকেত $MgCO_3$, $KHCO_3$, $4H_2O$।



$$2KCl + 3[MgCO_3, 3H_2O] + CO_2 = 2[MgCO_3, KHCO_3, 4H_2O] + MgCl_2$$

এই অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া লইয়া আবার জলে দেওয়া হয় এবং সেই জলেও MgO প্রলম্বিত করিয়া রাখা হয়। পারস্পরিক বিক্রিয়ার ফলে, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সোদক স্ফটিক কেলাসিত হইয়া পড়ে এবং পটাসিয়াম কার্বনেট দ্রবিত থাকে।



$$2[MgCO_3, KHCO_3, 4H_2O] + MgO = 3[MgCO_3, 3H_2O] + K_2CO_3$$

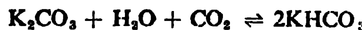
দ্রবণটি ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎটি গাঢ় করা হয়। ঠাণ্ডা হইলে সোদক পটাসিয়াম কার্বনেট কেলাস, $K_2CO_3$, $2H_2O$ পাওয়া যায়। উপজাত ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটকে পুনরায় এই বিক্রিয়াতে ব্যবহার করা হয়। লেঁ ব্লাঙ্ক পদ্ধতিতেও পটাসিয়াম কার্বনেট তৈয়ারী করা যায়। কিন্তু পটাসিয়াম বাইকার্বনেট যথেষ্ট দ্রাব্য বলিয়া সল্‌ভে পদ্ধতি প্রয়োগ করা সম্ভব নয়।

**ধর্ম।** পটাসিয়াম কার্বনেট একটি সাদা উদগ্রাহী (deliquescent) কঠিন পদার্থ। উহার গলনাঙ্ক 900°C। পটাসিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম কার্বনেটের সম-আণবিক মিশ্রণ গলন-মিশ্রণ (fusion mixture) নামে অভিহিত। উহা অপেক্ষাকৃত অনেক কম উষ্ণতায় (712°C) গলে। ধর্মীয় ব্যাপারে পটাসিয়াম কার্বনেট সোডিয়াম কার্বনেটের

অনুরূপ, তবে উহা সোডিয়াম কার্বনেট অপেক্ষা অধিক ক্ষারীয় এবং দ্রবণীয়। লবণ হইলেও আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য উহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।

**ব্যবহার।** (১) নরম সাবান, (২) শক্ত কাচ (৩) গলন-মিশ্রণ প্রভৃতি প্রস্তুতিতে পটাসিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এতদ্‌ব্যতীত (৪) বিশেষ বিশেষ পটাসিয়াম যৌগ, যেমন, KI, KBr তৈয়ারীতে ইহার প্রয়োজন হয়।

**১২-৩৪। পটাসিয়াম বাই-কার্বনেট, $KHCO_3$।** আর্দ্র পটাসিয়াম কার্বনেট $CO_2$-গ্যাস শুষিয়া বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। পরে উহাকে সচ্ছিদ্র প্লেটে শুকাইয়া লওয়া হয়। সামান্য তাপেই এই বাই-কার্বনেট বিশুদ্ধ-পটাসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়।



$$K_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2KHCO_3$$

ইহা সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের অনুরূপ—তবে জলে অনেক বেশী দ্রবণীয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়:



$$HCO_3' + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_2CO_3$$

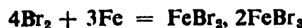
**১২-৩৫। পটাসিয়াম ক্লোরাইড, KCl।** স্টাসফার্ট স্তূপে (Stassfurt deposits) ইহা 'সিলভাইন' (sylvine), KCl এবং 'কার্নালাইট' (carnallite), KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$, রূপে বিদ্যমান।

গরম জলে কার্নালাইটকে দ্রবীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলেই পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া পড়ে এবং অধিক দ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড মাতৃদ্রবে থাকিয়া যায়।

ইহা বর্ণহীন কঠিন কেলাস, গলনাঙ্ক 790°C, জলে যথেষ্ট দ্রবণীয়।

সাররূপে ব্যাপকভাবে এবং পটাসিয়ামের বিভিন্ন যৌগ (যথা, KOH, $K_2CO_3$, $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$) প্রস্তুতিতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে, কার্নালাইট হইতে পটাসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত করিবার পর যে মাতৃদ্রব পাওয়া যায়—তাহাতে কিঞ্চিৎ পটাসিয়াম ব্রোমাইড থাকে। এই ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিনকে মুক্ত করিয়া জলের উপস্থিতিতে লৌহচূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করিতে দেওয়া হয়, ফলে লৌহব্রোমাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$4Br_2 + 3Fe = FeBr_2, 2FeBr_3$$

এই দ্রবণে $K_2CO_3$ দিলে জলযোজিত ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। এবং দ্রবণে পটাসিয়াম ব্রোমাইড KBr, থাকিয়া যায়।



$$FeBr_2 . 2FeBr_3 + 4K_2CO_3 + 4H_2O = 8KBr + Fe_3O_4, 4H_2O + 4CO_2$$

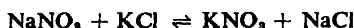
অনুরূপ পদ্ধতিতে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI), তৈয়ারী করাও সম্ভব। উভয় লবণই বর্ণহীন কেলাস, জলে অত্যধিক দ্রবণীয়। উভয়ই ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়। এতদ্‌ব্যতীত পটাসিয়াম ব্রোমাইড ফটোগ্রাফীতে (AgBr—প্রস্তুতির জন্য) এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড আয়োডোমিতিতে (iodometry) ব্যবহৃত হয়।

পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে যথেষ্ট পরিমাণ আয়োডিন দ্রবীভূত হইয়া জটিল ট্রাই-আয়োডাইড গঠন করে।



$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3 \quad (\text{অথবা} \quad I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-)$$

১২-৩৬। পটাসিয়াম নাইট্রেট, $KNO_3$, বা সল্টপিটার। চিলি সল্টপিটার, $NaNO_3$, হইতে প্রধানতঃ পটাসিয়াম নাইট্রেট তৈয়ারী করা হয়। পটাসিয়াম ক্লোরাইডের উষ্ণ গাঢ় দ্রবণে চিলি সল্টপিটার দিয়া মিশ্রদ্রবণটি গাঢ়ীভূত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হইয়া পড়ে। অতঃপর মাতৃদ্রবটি 32°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেটও কেলাসিত হইয়া যায়।



$$NaNO_3 + KCl \rightleftharpoons KNO_3 + NaCl$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট একটি বর্ণহীন কেলাসিত লবণ (গলনাঙ্ক, 339°C)। উহা জলে দ্রবণীয়, কিন্তু জলাকর্ষী নহে। উত্তাপে ভাঙ্গিয়া উহা নাইট্রাইটে পরিণত হয়। এই নাইট্রাইট অবশ্য বর্ণহীন জলাকর্ষী কঠিন।



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2 \uparrow$$

বিগলিত $KNO_3$, একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। উহার সংস্পর্শে ফস্‌ফরাস, গন্ধক, কার্বন প্রভৃতি দাহ্য পদার্থ জ্বলিয়া ওঠে।

**ব্যবহার।** পটাসিয়াম নাইট্রেট (১) জমির সার হিসাবে (২) বাজী ও বিস্ফোরক দ্রব্যাদি প্রস্তুতিতে (৩) কাচ-শিল্পে এবং (৪) ঔষধে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

'গান-পাউডার' (Gun-powder) বা বারুদ উহা হইতে প্রস্তুত একটি অতি-পরিচিত বিস্ফোরক পদার্থ। এই বিস্ফোরক পদার্থটি, ওজনের অনুপাতে মোটামুটি 6 ভাগ $KNO_3$, এক ভাগ গন্ধক ও এক ভাগ কাঠকয়লার নিবিড় মিশ্রণ। জ্বালাইয়া দিলে উক্ত মিশ্রণটি বিস্ফোরিত হয়। বিস্ফোরণের বিক্রিয়া অবশ্য জটিল; সাধারণভাবে,



$$2KNO_3 + 3C + S = K_2S + 3CO_2 + N_2$$



$$2KNO_3 + 3C = K_2CO_3 + CO_2 + CO + N_2$$



$$2KNO_3 + S + C = K_2SO_4 + N_2 + CO_2$$

১২-৩৭। পটাসিয়াম সালফেট, $K_2SO_4$। স্টাসফার্ট স্তূপে স্কোনাইট্ (schonite), $K_2SO_4$, $MgSO_4$ $6H_2O$, রূপে ইহা বর্তমান। এই খনিজ পদার্থটি, পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা পাচিত (digested) করিলে পটাসিয়াম সালফেট কেলাসিত হইয়া পড়ে।



$$K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O + 2KCl = 2K_2SO_4 + MgCl_2 . 6H_2O$$

পটাসিয়াম ক্লোরাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সমবায়ে উত্তপ্ত করিয়া, অথবা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করিয়া পরে কেলাসিত করিলেও উহা পাওয়া যাইতে পারে।

পটাসিয়াম সালফেট একটি বর্ণহীন কেলাসিত লবণ। ইহা সর্বদা অনার্দ্র কেলাস-রূপেই পাওয়া যায়—সোডিয়াম সালফেটের ন্যায় কখনও জলযোজিত অবস্থায় থাকে না। ইহার গলনাঙ্ক, 1070°C, ইহা সোডিয়াম সালফেট অপেক্ষা কম দ্রবণীয়।

(১) কৃষিকার্যে সাররূপে, (২) পটাস-অ্যালাম ও (৩) শক্ত কাচ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

উষ্ণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম সালফেটের দ্রবণকে কেলাসিত করিলে পটাসিয়াম বাই-সালফেট, $KHSO_4$-এর কেলাস পাওয়া যায়। ইহাও সাররূপে এবং পটাস-অ্যালাম-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

**১২-৩৮। পটাসিয়াম সায়ানাইড, KCN।** বিগলিত পটাসিয়াম কার্বনেট ও কার্বনের মিশ্রণের উপর অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর বিগলিত পটাসিয়াম সায়ানাইডকে আস্রাবিত করিয়া ছাঁচে ফেলা হয়।



$$K_2CO_3 + C + 2NH_3 = 2KCN + 3H_2O$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডকে পটাসিয়াম কার্বনেট সহযোগে গলাইয়াও ইহা পাওয়া যাইতে পারে।



$$K_4[Fe(CN)_6] + K_2CO_3 = 5KCN + KCNO + CO_2 + Fe$$

বিগলিত মিশ্রণকে সামান্য পরিমাণ কার্বন সহযোগে বিজারিত করিলে উপরি-উক্ত বিক্রিয়া লব্ধ সায়ানেট (KCNO) সায়ানাইডে পরিণত হইয়া যায়।

পটাসিয়াম সায়ানাইড জলাকর্ষী বর্ণহীন কেলাস, গলনাঙ্ক 634.5°C। ইহা জলে অতিশয় দ্রবণীয়, কিন্তু কোহলে অপেক্ষাকৃত যথেষ্ট কম দ্রবণীয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত।

ল্যবরেটরী-বিকারকরূপে, স্বর্ণ-রৌপ্য ধাতু নিষ্কাশনে, তড়িৎপ্রলেপনে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

**পটাসিয়ামের যৌগের পরীক্ষা ও আকলন (detection & estimation)।**

(ক) পটাসিয়ামের যৌগসকল বুনসেন দীপে বেগুনী শিখা দিয়া থাকে, কিন্তু সোডিয়াম বা লিথিয়াম যৌগের উপস্থিতিতে উহাকে চিনিয়া লওয়া শক্ত। কিন্তু কোবেল্ট কাচ—বিশেষতঃ ক্রোমিক অ্যালামের গাঢ় দ্রবণ সোডিয়াম বা লিথিয়াম-জনিত শিখার রঙ শোষণ করিয়া লয় এবং পটাসিয়ামের বেগুনী রঙকে লাল রঙে পরিণত করে। অতএব, উহাদের উপস্থিতিতে নীলকোবাল্ট কাচ বা ক্রোমিক অ্যালাম দ্রবণের মাধ্যমে তাকাইয়া পটাসিয়ামের অস্তিত্ব নির্ণয় সম্ভব।

(খ) সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট দ্রবণ, K-লবণের দ্রবণ হইতে হলুদ রঙের অধঃক্ষেপ, $K_3[Co(NO_2)_6]$ ফেলে। এই অধঃক্ষেপ অ্যাসিটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

(গ) K-লবণের গাঢ় দ্রবণে টারটারিক অ্যাসিডের দ্রবণ ঢালিলে একটি সাদা রঙের অধঃক্ষেপ, পটাসিয়াম অ্যাসিড টারট্রেট, $KHC_4H_4O_6$ পাওয়া যায়।

(ঘ) K-লবণের দ্রবণে ( বিশেষতঃ কোহলের উপস্থিতিতে ) পারক্লোরিক অ্যাসিড (20%) দিলে পটাসিয়াম পারক্লোরেটের ($KClO_4$) একটি সাদা কেলাসিত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(ঙ) অনার্দ্র (absolute) কোহলের মাধ্যমে ক্লোরোপ্ল্যাটিনিক অ্যাসিডযোগে পটাসিয়াম ক্লোরোপ্ল্যাটিনেটের ($K_2PtCl_6$) একটি হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। 110°C উষ্ণতায় অধঃক্ষেপটি শুকাইয়া অপরিবর্তিত অবস্থায় ওজন করা যায়। এইভাবে উহার পরিমাণ নির্ধারিত হয়।

## রুবিডিয়াম (Rb) ও সিজিয়াম (Cs)

বিশেষ কোন খনিজ জলের বর্ণালী লক্ষ্য করিয়া বুনসেন 1860 ও 1861 সালে এই মৌল দুইটি আবিষ্কার করেন এবং বর্ণালীতে উহাদের বৈশিষ্ট্যসূচক রেখা দুইটির রঙ অনুসারে নামকরণ করেন: রুবিডিয়াম (লাল) ও সিজিয়াম (বেগুনী)।

বলা বাহুল্য, রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম অতি বিরল। ক্ষারীয় ধাতুসকলের নিষ্কাশনোত্তর মাতৃদ্রবই ঐ দুইটি ধাতুর প্রধান উৎস। লেপিডোলাইট ও কার্নেলাইট খনিজ

পদার্থ দুইটিতে উক্ত ধাতুদ্বয় অতি সামান্য পরিমাণে বর্তমান। ক্ষারীয় ধাতুর মিশ্রণ হইতে উহাদিগকে পৃথক করা খুবই শক্ত। অ্যালাম ও ক্লোরোপ্লাটিনেটের আংশিক কেলাসনের (fractional crystalisation) দ্বারা উহাদিগকে অন্যান্য ক্ষারধাতুসকল হইতে এবং পরস্পর হইতে সাধারণতঃ আলাদা করা হইয়া থাকে।

নিম্নসারণীতে উহাদের তুলনামূলক ধর্মগুলি বর্ণিত হইল।

| ধর্ম | Rb | Cs |
|---|---|---|
| পারমাণবিক গুরুত্ব | 85.48 | 132.91 |
| পরমাণু-ক্রমাঙ্ক | 37 | 55 |
| ইলেকট্রনীয় বিন্যাস | K2 L8 M18 N8 O1 | K2 L8 M18 N18 O8 P1 |
| ধাতু | নরম, রূপালী শ্বেতবর্ণ | নরম, রূপালী শ্বেতবর্ণ |
| গলনাঙ্ক | 38.5°C | 28.5°C |
| স্ফুটনাঙ্ক | 700°C | 670°C |
| আপেক্ষিক গুরুত্ব | 1.53 | 1.9 |
| তাপ-তড়িৎ পরিবাহিতা | উত্তম | উত্তম |
| দীপশিখার রঙ | বেগুনী-লাল | বেগুনী |
| সক্রিয়তা | K-অপেক্ষা অধিক সক্রিয়, এমনকি বরফাকারের জলের সঙ্গে-ও বিক্রিয়া করে | Rb-অপেক্ষাও সক্রিয়, এমনকি —116°C-উষ্ণতায়ও জলের সহিত বিক্রিয়া করিতে দেখা যায় |
| তেজস্ক্রিয়তা | সামান্য তেজস্ক্রিয় ($\beta$-রশ্মি) | তেজস্ক্রিয় নয় |

উভয়েই গন্ধক, নাইট্রোজেন, কার্বন, হ্যালোজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত হয়।

ব্যবহার। উভয়ই ভ্যাকুয়াম-টিউব ও ফটো-ইলেকট্রিক সেল প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

## অনুশীলনী

১। আকরিক হইতে কি ভাবে লিথিয়াম ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়? এই শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের সঙ্গে লিথিয়ামের ধর্মগুলির তুলনা কর।

২। ক্ষার ধাতুগুলি এবং উহাদের প্রধান যৌগগুলির ধর্মসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর। উহাদের সঙ্গে মুদ্রাধাতুসমূহের ধর্মের কোন সাদৃশ্য আছে?

৩। লিথিয়ামের সঙ্গে উহার নিজের শ্রেণীর ধাতু অপেক্ষা পরবর্তী শ্রেণীর ও পরবর্তী পর্যায়ের একটি মৌলের সঙ্গে বেশী সাদৃশ্য দেখা যায়। উদাহরণ সহ এই উক্তির যথার্থ প্রমাণ কর।

৪। সোডিয়াম ধাতু প্রস্তুত করার একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। সোডিয়ামের সঙ্গে (ক) হাইড্রোজেন (খ) কার্বন ডাই-অক্সাইড (গ) অ্যামোনিয়া (ঘ) জল এবং (ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের কিরূপ বিক্রিয়া ঘটে, সমীকরণ সহ লিখ।

৫। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুত করার একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও। কস্টিক সোডার সঙ্গে (অ) ক্লোরিন (আ) অ্যালুমিনিয়াম এবং (ই) আর্সে-নিয়াস সালফাইডের বিক্রিয়াতে কি পাওয়া যায়? (লণ্ডন বিশ্বঃ)

৬। সল্‌ভে পদ্ধতিতে কি ভাবে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন করা হয়? সোডিয়াম কার্বনেটকে কিরূপে (ক) সোডিয়াম বাইকার্বনেট এবং (খ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা যায়? সোডিয়াম কার্বনেট লবণের দ্রবণ ক্ষারীয় কেন? (কলিকাতা বিশ্ব:)

৭। খাদ্যলবণ হইতে (অ) ধাতব সোডিয়াম (আ) সোডিয়াম বাইকার্বনেট এবং (ই) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী করার একটি করিয়া পদ্ধতির উল্লেখ কর।

সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রবণের পার্থক্য কি ভাবে ধরা যায়?

সমুদ্রজলে ওজনের 2.5% শতাংশ সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। 300 টন সমুদ্রজল হইতে কি পরিমাণ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যাইবে? [সিড্‌নী বিশ্ব:]

৮। প্রেক্‌ট পদ্ধতিতে পটাসিয়াম কার্বনেট কিরূপে তৈয়ারী হয়? সল্‌ভে পদ্ধতিতে ইহা কেন তৈয়ারী করা হয় না?

৯। নিম্নোক্ত পদার্থগুলির প্রস্তুত-প্রণালী ও ব্যবহার উল্লেখ কর: (অ) সল্টকেক (আ) পার্লভস্ম (ই) সোডা (ঈ) পটাসিয়াম সায়নাইড (উ) সোডিয়াম সালফাইড।

১০। পটাসিয়ামের বিভিন্ন যৌগগুলি প্রাকৃতিক কোন উৎস হইতে প্রস্তুত করা হয়? কি ভাবে (অ) পটাস কার্বনেট (আ) কস্টিক পটাস এবং (ই) পটাসিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যাইবে? [পাঞ্জাব বিশ্ব:]

১১। নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াতে কি রাসায়নিক পরিবর্তন হইবে?

(ক) কস্টিক সোডা এবং দস্তারজঃ সহ সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ ফুটান হইল

(খ) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশান হইল

(গ) অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত লবণোদকে $CO_2$-গ্যাস পরিচালনা করা হইল

(ঘ) লিথিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেট পৃথক উত্তপ্ত করা হইল

১২। সোডিয়াম পার-অক্সাইড এবং সোডিয়াম সালফাইড কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের কি কি প্রয়োজনে ব্যবহার করা হয়?

# প্রথম শ্রেণীর মৌল—— IB উপশ্রেণী

## মুদ্রাধাতু। কপার, সিলভার, গোল্ড

পর্যায় সারণীর I B উপশ্রেণীতে তিনটি ধাতু স্থান পাইয়াছে—কপার, সিলভার এবং গোল্ড। বহু প্রাচীনকাল হইতেই এই ধাতু তিনটি মুদ্রা প্রস্তুতিতে ব্যবহার হইয়া আসিতেছে। সেইজন্য ইহাদের বলা হয় **মুদ্রাধাতু** (coinage metals)।

দীর্ঘ পর্যায় সারণীতে IB উপশ্রেণীটি অষ্টম শ্রেণী এবং IIB-উপশ্রেণীর মধ্যে সেতুবিশেষ বা সংযোজক হিসাবে বর্তমান :

| VIII | IB | IIB |
|---|---|---|
| Fe, Co, Ni | Cu | Zn |
| Ru, Rh, Pd | Ag | Cd |
| Os, Ir, Pt | Au | Hg |

অর্থাৎ Ni-এর পরেই Cu, Pd-এর পরে Ag এবং Pt-এর পরে Au-এর স্থান। এবং এই মুদ্রাধাতুত্রয়ের পরেই জিঙ্ক শ্রেণীর মৌলগুলির স্থান। বস্তুতঃ দেখা যায়, এই IB উপশ্রেণীর ধাতুগুলির ধর্ম অষ্টম এবং IIB-উপশ্রেণীর মৌলের ধর্মের মধ্যে একটা সামঞ্জস্য রক্ষা করে। কিন্তু ক্ষারধাতু এবং মুদ্রাধাতুগুলি উভয়েই প্রথম শ্রেণীর অন্তর্গত হইলেও উহাদের মধ্যে ধর্মগত সাদৃশ্য খুব বেশী নাই।

**১৩-১। IA এবং IB-উপশ্রেণীর মৌলসমূহের সাদৃশ্য এবং বৈসাদৃশ্য।** সাদৃশ্য : এই দুই গোষ্ঠির মৌলদের মধ্যে কিছু কিছু মিল দেখা যায়। (ক) ক্ষার ধাতুগুলির যোজ্যতা 'এক', মুদ্রাধাতুগুলিরও নিম্নতর যোজ্যতা 'এক', যদিও উহাদের একাধিক যোজ্যতা আছে ; NaCl, AgCl। (খ) পটাসিয়ামের মত সিলভারও দ্বিধাতুক লবণ গঠন করে ; $K_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ এবং $Ag_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$। (গ) KOH অথবা NaOH-এর মত AgOH, সিলভার হাইড্রক্সাইডও ক্ষারকীয়। তাহা হইলেও দুই উপশ্রেণীর মৌলদের যৌগগুলির সমধর্মিতা বিশেষ নাই।

বৈসাদৃশ্য। কিন্তু এই দুই উপশ্রেণীর মধ্যে অমিল অনেক বেশী। যেমন :

(ক) ক্ষারধাতুর মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসে সর্ববহিস্থ স্তরে $s^1$-ইলেকট্রন রহিয়াছে এবং তাহার অব্যবহিত পূর্বস্তরে $p^6$-ইলেকট্রন বর্তমান। কিন্তু মুদ্রাধাতুর শেষ স্তরে $s^1$-ইলেকট্রন থাকিলেও তাহার পূর্বে আছে $d^{10}$ ইলেকট্রন। এইজন্য ক্ষারধাতুর যোজ্যতা সর্বদাই 'এক', কিন্তু মুদ্রাধাতুর যোজ্যতা সন্ধিগত-মৌল হিসাবে একাধিক হইতে পারে :

পটাসিয়াম (19) — 2, 8, 8, 1 অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

কপার (29) 2, 8, 18, 1 অথবা $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

ইলেকট্রন-বিন্যাসের এই বিভিন্নতার জন্যই উহাদের ধর্মের পার্থক্য দেখা যায়। KCl; $Cu_2Cl_2$, $CuCl_2$।

(খ) ক্ষার ধাতুসমূহ অত্যন্ত সক্রিয়, সেই তুলনায় মুদ্রাধাতুগুলির সক্রিয়তা যথেষ্ট কম। ফলে, ক্ষারধাতুগুলিকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে কখনও পাওয়া যায় না, কিন্তু মুদ্রাধাতু মৌলাবস্থাতেও প্রকৃতিতে থাকে। বাতাসে বা জলে ক্ষারধাতু তীব্রভাবে আক্রান্ত হইয়া থাকে, কিন্তু মুদ্রাধাতুর কিছু হয় না, উহারা যথেষ্ট স্থায়ী।

(গ) ক্ষারধাতুগুলি অপেক্ষাকৃত হাল্‌কা এবং নরম, কিন্তু মুদ্রাধাতুগুলি বেশ শক্ত এবং ভারী।

(ঘ) যদিও উভয় গোষ্ঠির মৌলই তড়িৎ-ধনাত্মক, কিন্তু ক্ষারধাতুর বিদ্যুৎ-পরাধর্মিতা খুব বেশী, সেই তুলনায় মুদ্রাধাতুসমূহের বিদ্যুৎপরাধর্মিতা কম। ক্ষারধাতুর পাঃ আয়তন মুদ্রাধাতু অপেক্ষা বেশী এবং আয়ন-বিভব মুদ্রাধাতু অপেক্ষা কম।

(১) ক্ষারধাতুগুলির জারণ-বিভব হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশী, মুদ্রাধাতুগুলির জারণ-বিভব হাইড্রোজেনের চেয়ে কম। ফলে, মুদ্রাধাতু জল বা লঘু অ্যাসিড দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে না, কিন্তু ক্ষারধাতু তাহা অতি সহজে করে। ক্ষারধাতুর লবণগুলি বেশ স্থায়ী, মুদ্রাধাতুর লবণ তত স্থায়ী নয়।

(২) ক্ষারধাতুর অক্সাইড জলে দ্রবিত হইয়া তীব্র-ক্ষার উৎপাদন করে, মুদ্রাধাতুর অক্সাইডের জলে দ্রাব্যতা কম এবং সেই দ্রবণের ক্ষারকত্বও কম।

(৩) ক্ষারধাতুর লবণগুলি বিশেষতঃ হ্যালাইডগুলি দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না, মুদ্রাধাতুর লবণসমূহ দ্রবিত অবস্থায় আর্দ্র-বিশ্লেষিত হওয়ার প্রবণতা যথেষ্ট।

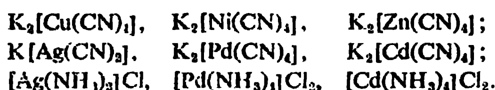
(৪) ক্ষারধাতুর অ্যানায়ন পাওয়া যায় না এবং জটিল আয়নও গঠন করে না। কিন্তু সন্ধিগত মৌলধাতু খুব সহজেই নানারকম জটিল আয়ন সৃষ্টি করে, যথা, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, $[Ag(CN)_2]^{1-}$, $[AuCl_4]^{1-}$, ইত্যাদি।

(৫) ক্ষারধাতুর যৌগ হইতে ধাতুগুলিকে নিষ্কাশন করা সুকঠিন কিন্তু মুদ্রাধাতুকে উহাদের যৌগ হইতে সহজেই নিষ্কাশিত করা যায়।

**১৩-২। কপার, সিলভার এবং গোল্ডের তুলনা।** এই মুদ্রাধাতুত্রয়ের নিজেদের মধ্যে ধর্মের অনেক মিল দেখা যায় এবং সাধারণভাবে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের বিভিন্ন ধর্মগুলিরও ধারাবাহিক ক্রম-পরিবর্তন হয়। সেইজন্য তিনটি ধাতুর একই উপশ্রেণীতে স্থান পাওয়া অবশ্যই স্বাভাবিক। তিনটি ধাতুই মুদ্রা-প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়। সেইজন্যই এই নামকরণ।

ইহা ছাড়াও, উহাদের পূর্ববর্তী অষ্টমশ্রেণীর Ni, Pt প্রভৃতির সঙ্গে এবং পরবর্তী IIB-উপশ্রেণীর Zn, Cd প্রভৃতির সঙ্গে উহাদের ধর্মের সামঞ্জস্য বজায় রাখিয়া উহারা যে মধ্যবর্তী স্থান পাইয়াছে তাহা তাৎপর্যপূর্ণ। উদাহরণ হিসাবে উল্লেখ করা যায়, কিউপ্রিক লবণগুলি নিকেল ও জিঙ্কের দ্বিযোজী লবণের মত ব্যবহার করে। আবার সিলভার ও প্যালাডিয়াম, কিংবা গোল্ড ও প্লাটিনামের ভিতর সাদৃশ্য যথেষ্ট। উহারা বরধাতু, উচ্চ-গলনাঙ্কবিশিষ্ট, উজ্জ্বল ধাতু। প্লাটিনাম গোষ্ঠির ধাতুর মতই মুদ্রা-ধাতুর পাঃ আয়তন কম, এবং সক্রিয়তা সীমিত, জল বা বাতাসে আক্রান্ত হয় না। সন্ধি-

গত-মৌল হিসাবে বর্ণাঢ্য লবণ এবং জটিল আয়ন সৃষ্টি করিতে অষ্টম শ্রেণীর মৌলের মতই উহাদের দক্ষতা দেখা যায়;



$K_2[Cu(CN)_4]$, $K_2[Ni(CN)_4]$, $K_2[Zn(CN)_4]$;
$K[Ag(CN)_2]$, $K_2[Pd(CN)_4]$, $K_2[Cd(CN)_4]$;
$[Ag(NH_3)_2]Cl$, $[Pd(NH_3)_4]Cl_2$, $[Cd(NH_3)_4]Cl_2$.

স্পষ্টতঃই মুদ্রাধাতু অষ্টমশ্রেণী এবং জিঙ্ক শ্রেণীর মধ্যে সেতুবিশেষ।

(ক) সমস্ত মুদ্রাধাতুই উত্তম তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী, উহাদের ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতা সমধিক। উহাদের ঘনত্ব যথেষ্ট, এবং উহাদের গলনাঙ্কও খুব উচ্চ, কাঠিন্য, ধাতব দ্যুতি এবং ঔজ্জ্বল্যের জন্য উহারা বিশেষ সমাদৃত। উহাদের ভৌতধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল।

| | কপার | সিলভার | গোল্ড |
|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 29 | 47 | 79 |
| পাঃ গুরুত্ব | 63.57 | 107.88 | 197.2 |
| পাঃ ব্যাসার্ধ A° | 1.27 | 1.44 | 1.44 |
| ইলেকট্রন-বিন্যাস | 2, 8, 18, 1<br>$[Ar]3d^{10}4s^1$ | 2, 8, 18, 18, 1<br>$[Kr]4d^{10}5s^1$ | 2, 8, 18, 32, 18, 1<br>$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^1$ |
| ঘনত্ব (15°C) | 8.96 | 10.47 | 19.3 |
| গলনাঙ্ক °C | 1083 | 960.5 | 1063 |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | 2310 | 1955 | 2610 |
| আয়ন-বিভব (v) | 7.27 | 7.51 | 9.22 |
| জারণ-বিভব (v) | −0.337<br>$Cu \rightarrow Cu^{++} + 2e$ | −0.799<br>$Ag \rightarrow Ag^+ + e$ | −1.96<br>$Au \rightarrow Au^{+++} + 3e$ |

উহাদের রাসায়নিক ধর্মগুলি লক্ষ্য করিলেও একই রকম ধারাবাহিকতা দেখা যায়।

(১) যোজ্যতা। সর্ববহিস্থ স্তরে $s^1$-ইলেকট্রন থাকাতে প্রত্যেকটি মৌলই একযোজী যৌগ সৃষ্টি করে। কিন্তু অব্যবহিত-পূর্ব ইলেকট্রন স্তরে $d^{10}$-ইলেকট্রন আছে, সুতরাং সন্ধিগত-মৌলের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী একাধিক যোজ্যতা পাওয়া যায়। তবে সিলভারের প্রধান যোজ্যতা 'এক', কপারের 'দুই' এবং গোল্ডের 'তিন'; $AgNO_3$, $CuSO_4$, $AuCl_3$।

সন্ধিগত-মৌলদের প্রায় প্রান্তে ইহাদের স্থান; ইহাদেরও প্রত্যেকেরই জটিল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন গঠন প্রায় স্বাভাবিক; $Ag(NH_3)_2Cl$, $KAg(CN)_2$, $K[AuBr_4]$, $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ ইত্যাদি।

একযোজী যৌগসমূহ প্রায়ই বর্ণহীন, কখন কখনও ব্যতিক্রম দেখা যায়, যেমন $Cu_2O$ লাল রংয়ের। দ্বিযোজী বা ত্রিযোজী যৌগগুলি গাঢ় বর্ণের।

(২) সক্রিয়তা। পাঃ আয়তন কম এবং নিউক্লিয়াসের আধান বেশী, সেইজন্য যোজ্যতা-ইলেকট্রন পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে সংলগ্ন থাকে। ইহার ফলে, যৌগগঠন করার প্রবণতা

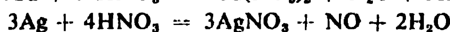
কম, পরাবিদ্যুৎধর্মিতা কম। সহজে ইহারা আক্রান্ত হয় না। প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় এবং যৌগগুলিও অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী হয়। ঐ একই কারণে এই মৌল-গুলি ইলেকট্রনীয় যৌগ গঠন না করিয়া সমযোজী যৌগ গঠন করে। তাই উহাদের সবর্গ-যোজ্যতা দ্বারা সৃষ্ট জটিল-যৌগ এত অধিক।

(৩) বাতাস এবং জল দ্বারা এই তিনটি মৌল আক্রান্ত হয় না। উহাদের অক্সাইড পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। কপার অবশ্য উচ্চতাপমাত্রায় বায়ুতে অক্সাইডে পরিণত হয়। সিলভার বা গোল্ডের উচ্চ-উষ্ণতাতেও অক্সাইড পাওয়া যায় না। কপার অক্সাইড উত্তাপে বিয়োজিত হয় না, কিন্তু সিলভার ও গোল্ডের অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। এই অক্সাইড জলে সামান্যই দ্রবণীয় এবং মৃদুক্ষার বলিয়া গণ্য। $Cu(OH)_2$ $Au(OH)_3$ এবং সম্ভবতঃ $Ag(OH)$ খুব সামান্য দ্রবণীয়।

(৪) গোল্ড কোন একটি অ্যাসিডের দ্বারা আক্রান্ত হয় না, উহাকে দ্রবিত করিতে অম্লরাজ (aqua regia) প্রয়োজন। সিলভার ও কপার লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে, কিন্তু লঘু $HCl$ বা $H_2SO_4$ দ্বারা আক্রান্ত হয় না। গাঢ় $H_2SO_4$-এ ফুটাইলে $SO_2$ দেয়।



$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$



$$3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

প্রত্যেকটি ধাতুরই জারণ-বিভব হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম, সেইজন্য জল বা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম নয়।

(৫) ক্লোরিনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়াতে উহাদের ক্লোরাইড $AgCl$, $CuCl_2$ এবং $AuCl_3$ পাওয়া যায়। $AgCl$ জলে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যামোনিয়ার দ্রবণে জটিল আয়নে পরিণত হইয়া দ্রবিত হয়। অপর ক্লোরাইড দুইটির জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে।

সিলভার ফ্লুরাইড $AgF_2$ একমাত্র সরল যৌগ যেখানে সিলভারের যোজ্যতা দুই। অন্যান্য সমস্ত দ্বিযোজী সিলভার যৌগ জটিল অবস্থায় থাকে। যেমন $[Ag(C_5H_5N)_4](NO_3)_2$

(৬) ধাতুগুলির নাইট্রেট, সালফাইড, সালফেট প্রভৃতিও প্রস্তুত হইয়াছে। সিলভারের এই সকল একযোজী যৌগ, যেমন, $AgNO_3$ বা $Ag_2SO_4$ জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু কিউপ্রাস বা অরাস যৌগগুলি অস্থায়ী। যেমন,



$$Cu_2SO_4 = Cu + CuSO_4; \; 3AuCl = 2Au + AuCl_3$$

কিউপ্রিক যৌগগুলি সাধারণতঃ স্থায়ী।

প্রত্যেকেরই সায়নাইড লবণ আছে, এবং সেইগুলি অতিরিক্ত পটাসিয়াম সায়নাইডে দ্রব হইয়া জটিল সায়ানাইড দেয়।

(৭) ক্ষারীয় গ্লুকোজ দ্রবণ কিউপ্রিক যৌগকে বিজারিত করিয়া কিউপ্রাস অক্সাইড ($Cu_2O$) দেয়, কিন্তু গোল্ড বা সিলভারের যৌগকে বিজারিত করিয়া ধাতুকেই অধঃক্ষিপ্ত করে।

পক্ষান্তরে, ফেরাস সালফেট গোল্ডযৌগকে এবং সিলভার যৌগকে বিজারণ করিয়া সহজেই ধাতুতে পরিণত করে, কিন্তু কপার-যৌগ হইতে ধাতুকে নিষ্কাশিত করে না।

## কপার (তাম্র)

চিহ্ন Cu, ক্রমাঙ্ক 29, পাঃ গুরুত্ব 63.57, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

তামার ব্যবহার বহু পুরাতন যুগ হইতেই চলিয়া আসিতেছে। প্রায় ছয় হাজার বৎসর পূর্বেও যে তামা প্রস্তুত ও ব্যবহৃত হইত তাহার অনেক নিদর্শন পাওয়া যায়।

তামা পৃথিবীতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায়, তবে উহার পরিমাণ পৃথিবীর মোট তামার তুলনায় খুব বেশী নয়। ইতালী, রাশিয়া, সুইডেন ও আমেরিকাতে এরূপ তাম্র-ধাতুর খনি আছে। কিন্তু অধিকাংশ তামাই প্রকৃতিতে উহার বিভিন্ন যৌগরূপে থাকে। উহার কয়েকটি প্রধান আকরিকের নাম:

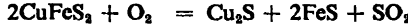
(১) কপার-পাইরাইটিস [ মাক্ষিক ] (Copper pyrites), $CuFeS_2$
(২) চালকোসাইট (Chalcocite), $Cu_2S$
(৩) কিউপ্রাইট (Cuprite), $Cu_2O$
(৪) মেলাকোনাইট (Melaconite), CuO
(৫) ম্যালাকাইট (Malachite), $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$
(৬) অ্যাজুরাইট (Azurite), $2CuCO_3$, $Cu(OH)_2$

ভারতবর্ষে সামান্য কিছু কপার-সালফাইড ( পাইরাইটিস ) খনিজ আছে। বিহারের সিংভূম জেলার অন্তর্গত মুসাবানীতে উহা পাওয়া যায়। ঘাটশীলাতে এই খনিজ হইতে তামা প্রস্তুত করা হয়। সিকিম ও দার্জিলিংয়ের নিকটস্থ পাহাড়েও কিছু কপারের আকরিক পাওয়া যায়।

**১৩-৩। কপার-প্রস্তুতি।** (ক) অধিকাংশ কপারই উহার সর্বাপেক্ষা সহজলভ্য কপার-পাইরাইটিস [$CuFeS_2$] আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়। এই খনিজটিতে সালফার ও লৌহের সহিত কপার সংযুক্ত থাকে। আকরিকটি বিজারিত করিয়া লৌহ ও সালফার হইতে কপার মুক্ত করা কষ্টসাধ্য এবং এইজন্য বিশেষ রকমের পদ্ধতি অবলম্বন করা প্রয়োজন। এই পদ্ধতিটি কয়েকটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে সম্পাদিত হয়।

(১) **আকরিকের গাঢ়ীকরণ।** কপার-পাইরাইটিস খনিজে শতকরা 3%-এর অধিক কপার থাকে না। আয়রন-সালফাইড ছাড়া ইহার সহিত আরও অনেক অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় দ্রব্য মিশ্রিত থাকে। উহাদের অধিকাংশই সিলিকেট জাতীয়। এই সকল অপদ্রব্য যথাসম্ভব দূর করার জন্য খনিজটিকে উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া জল ও অল্প পরিমাণ পাইন তেলের সহিত মিশ্রিত করা হয়। তেলের সহিত একটু Xanthate যৌগও দেওয়া হয়। নীচ হইতে সরু নলের মধ্য দিয়া প্রচুর বায়ু ঐ মিশ্রণের ভিতরে প্রবাহিত করা হয়। তেল ও জলের উত্তমরূপ সংমিশ্রণে উহার উপরে ফেনা উৎপন্ন হয়। কপার ও অন্যান্য ধাতব সালফাইডসমূহ এই ফেনাতে ভাসিয়া ওঠে কিন্তু মাটি এবং সিলিকেট জাতীয় দ্রব্যগুলি জলের নীচে থিতাইয়া যায়। উপরের ফেনা হইতে সালফাইড সংগ্রহ করিয়া লওয়া হয়। এইরূপ খানিকটা অপদ্রব্য দূর করার পর যে আকরিক পাওয়া যায় উহাতে কপারের পরিমাণ প্রায় 35% থাকে।

(২) **তাপজারণ।** গাঢ় আকরিকটিকে অতঃপর একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহে তাপিত করা হয়। ইহাতে উদ্বায়ী পদার্থগুলি, যথা আর্সেনিক-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি প্রথমে দূর হয়। অতঃপর আকরিকের খানিকটা সালফার জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায়। কিছুটা আয়রন এবং স্বল্প পরিমাণ কপার উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2CuFeS_2 + O_2 = Cu_2S + 2FeS + SO_2$$

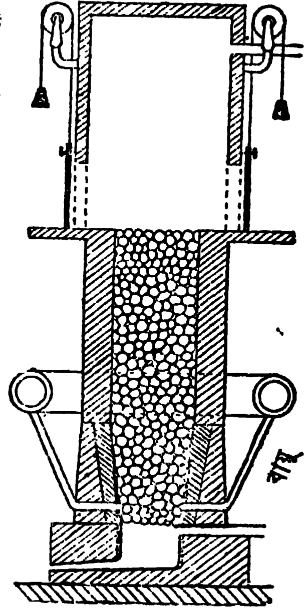


$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2$$



$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$

(৩) **বিগলন-সাহায্যে 'ম্যাট' ($Cu_2S$) প্রস্তুতি।** তাপজারণের পর যে পদার্থ পাওয়া যায়, তাহাতে $Cu_2S$, $FeS$, $FeO$ এবং কিছু $Cu_2O$ থাকে। অবশ্য ইহাদের সহিত অন্যান্য আবর্জনাও কিছু থাকে। উহার সহিত খানিকটা সিলিকা ($SiO_2$) ও কোক মিশাইয়া একটি ইস্পাত-নির্মিত মারুত-চুল্লীতে তাপিত করা হয়। সমগ্র চুল্লীটির বাহিরের দিকে শীতল জল-প্রবাহের ব্যবস্থা থাকে এবং ভিতরের দিকেও ইস্পাতের উপর অগ্নিসহ-ইষ্টকের একটি আবরণ থাকে। চুল্লীর উপরের প্রবেশ-দ্বার সাহায্যে উহার ভিতরে ক্রমাগত তাপজারিত আকরিক, কোক ও সিলিকার মিশ্রণ ঢালা হয়। চুল্লীর নিচের দিকে কয়েকটি বড় বড় নলের সাহায্যে উহার অভ্যন্তরে প্রচুর শুষ্ক উত্তপ্ত বায়ু পরিচালিত করা হয়। কোক উত্তপ্ত বায়ুতে প্রজ্বলিত হইয়া যথেষ্ট তাপ ও উষ্ণতার সৃষ্টি করে। অধিক উষ্ণতায় আয়রন-সালফাইডসমূহ জারিত হইয়া আয়রন-অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু কপার সালফাইডের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। যদি কিছু কপার-সালফাইড জারিত হয় অথবা পূর্বের তাপজারণকালে কোন কপার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তবে উহা আয়রন-সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় কপার-সালফাইডে পরিণত হইয়া যায়। আয়রন অপেক্ষা কপারের সালফার-আসক্তি সমধিক।



চিত্র ১৩-ক। কপারের মারুত-চুল্লী



$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2$$



$$Fe_2S_3 + 4O_2 = 2FeO + 3SO_2$$



$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

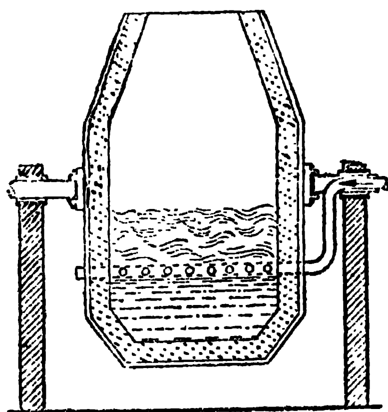
অর্থাৎ, মারুত-চুল্লীতে প্রায় সমুদয় আয়রন অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়, কিন্তু কপার উহার সালফাইড অবস্থাতেই থাকে। এই আয়রন-অক্সাইড সঙ্গে সঙ্গে সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া আয়রন-সিলিকেটে পরিণত হয়।



$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

মারুত-চুল্লীর নিম্নাংশে উষ্ণতা অত্যন্ত অধিক থাকে। ফলে, আয়রন-সিলিকেট ও কপার-সালফাইড উভয়েই বিগলিত হইয়া যায়। এই গলিত পদার্থগুলি চুল্লীর নীচে একটি প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয়। আয়রন-সিলিকেট অনেক হাল্কা বলিয়া উহা গলিত কপার-সালফাইডের উপরে ভাসিয়া থাকে। আয়রন-সিলিকেটের সহিত অন্যান্য অপদ্রব্যও মিশ্রিত থাকে। কিন্তু অপরিবর্তিত আয়রন-সালফাইড কপার-সালফাইডের সহিত থাকে। উপর হইতে ধাতুমল হিসাবে আয়রন সিলিকেট সরাইয়া লইলে কপার-সালফাইড পাওয়া যায়। ইহাকেই 'ম্যাট' বলে। ইহাতে সর্বদাই কিছু আয়রন-সালফাইড থাকে।

(৪) **ম্যাট হইতে কপার নিষ্কাশন।** গলিত 'ম্যাট'কে সোজাসুজি মারুত-চুল্লী হইতে একটি 'বিসিমার কনভারটার' চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত অল্প একটু সিলিকাও মিশ্রিত করা হয়। এই কনভারটার একটি বিরাট ডিম্বাকৃতি চুল্লী। ইহা ইস্পাতের তৈয়ারী। ইস্পাতের দেওয়ালের ভিতরের দিকটা অগ্নিসহ-মৃত্তিকায় আচ্ছাদিত থাকে। চুল্লীটি মাটিতে বসান থাকে না। উহাকে দুইটি যন্ত্রযুক্ত চাকা ও দুইটি শক্ত লৌহদণ্ডের (pinion) সাহায্যে ঝুলাইয়া রাখা হয়। চুল্লীর উপরের মুখটি খোলা, ইচ্ছা করিলে সম্পূর্ণ চুল্লীটিকে উপুড় করিয়া উহার ভিতরের পদার্থগুলি ঢালিয়া লওয়া যায় ( চিত্র ১৩-খ )।

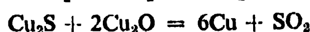


চিত্র ১৩-খ। কনভারটার (কপার)

কনভারটারের মধ্যস্থলে একটি নলের সাহায্যে গলিত ম্যাটের ভিতর উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ পরিচালিত করা হয়। প্রথমেই আয়রন-সালফাইড জারিত হয় এবং সিলিকা সংযোগে আয়রন-সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত হয়। ধাতুমলটি সরাইয়া লওয়া হয়। অতঃপর বায়ু প্রবাহের দ্বারা কপার-সালফাইড কপার-অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। উৎপন্ন কপার-অক্সাইড সঙ্গে সঙ্গেই অবিকৃত কপার-সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার ধাতুতে পরিণত হয়। অর্থাৎ, কপার সালফাইড বায়ুতাপিত হওয়ার ফলে স্বতঃ-বিজারিত হয়।



$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2$$



$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2$$

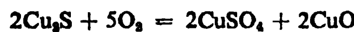
উৎপন্ন কপার ধাতু গলিত অবস্থায় কনভারটারের নীচে জড় হইতে থাকে। যে নল দিয়া কনভারটারে বায়ু প্রবেশ করে তাহার নীচে উৎপন্ন কপার সঞ্চিত হয়, সুতরাং আর জারিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। এই জন্যই বায়ু-বহনকারী নলটি কনভারটারের মধ্যস্থলে প্রবেশ করান থাকে। বিক্রিয়াশেষে কনভারটারটি উপুড় করিয়া গলিত কপার

বাহির করিয়া লওয়া হয়। কনভারটার হইতে যে কপার পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ নয়। উহার বিশোধন প্রয়োজন।

(৫) **কপার-বিশোধন।** কনভারটার হইতে উৎপন্ন কপারের সহিত কিছু অন্যান্য ধাতু মিশ্রিত থাকে। এই কপারকে একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে অল্প অল্প বায়ু-প্রবাহে গালান হয়। ভিতরের দিকে চুল্লীটির গায়ে একটি সিলিকার প্রলেপ থাকে। কপারের সহিত অন্যান্য অবর ধাতু যাহা মিশ্রিত থাকে সেগুলি প্রথমে সংযুক্ত হওয়ার ফলে ধাতুমলের সৃষ্টি করে। ধাতুমল উপর হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। কিছুটা কপারও কপার-অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে। এইজন্য অতঃপর কিছু কোকচূর্ণ গলিত কপারের উপর ছড়াইয়া দেওয়া হয় এবং সমগ্র গলিত কপারকে কাঁচা কাঠের দ্বারা খুব ভালভাবে নাড়িয়া দেওয়া হয়। কাঁচা কাঠ হইতে যে কয়লা ও হাইড্রোকার্বন গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা কপার-অক্সাইডের বিজারণে সাহায্য করে। এইভাবে যে কপার পাওয়া যায় তাহাতে প্রায় শতকরা 99% কপার থাকে।

**তড়িৎ-বিশোধন।** আরও শুদ্ধতর কপার প্রয়োজন হইলে তড়িৎ-বিশোধনের সাহায্য লওয়া হয়। একটি সেলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কপার-সালফেট দ্রবণ লওয়া হয়। যে কপারকে বিশোধিত করা প্রয়োজন উহাকে প্রথমে খুব পুরু বড় বড় চতুষ্কোণ পাতে অ্যানোডরূপে কপার-সালফেট দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। খুব পাতলা বিশুদ্ধ কপার-পাত দ্বারা ক্যাথোড তৈয়ারী করা হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোড পর পর দ্রবণের ভিতর ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে অ্যানোড হইতে কপার আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হইতে থাকে। অনেক সময়েই অ্যানোডের চারিদিকে একটি সূক্ষ্ম বস্ত্রের বা মসলিনের থলে রাখা হয়। গোল্ড, সিলভার, প্লাটিনাম প্রভৃতি অদ্রাব্য ধাতুগুলি উহাতে সঞ্চিত হয়। পরিমাণে সামান্য হইলেও তড়িৎ-বিশোধনের এই গাদ খুব মূল্যবান এবং বরধাতু প্রস্তুতির ইহা একটি উপায়। তড়িৎ-বিশোধিত কপারের ভিতর এই ধাতুর পরিমাণ 99.99%

(খ) **সিক্ত-প্রণালীতে সালফাইড আকরিক হইতে কপার প্রস্তুতি।** কখনও কখনও আকরিক-মধ্যস্থ অদ্রবণীয় কপার যৌগটিকে কপারের দ্রবণীয় যৌগে পরিণত করা হয়। পরে জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাকে অন্যান্য আবর্জনা হইতে পৃথক করিয়া লওয়া হয় এবং তৎপর এই পৃথকীকৃত যৌগ হইতে ধাতু নিষ্কাশিত করা হয়। কয়েক হাজার টন পাইরাইটিস আকরিক বিচূর্ণ করিয়া সিক্ত অবস্থায় বাতাসে ফেলিয়া রাখা হয়। কয়েক মাস এইভাবে থাকিলে উহার সালফাইড-সমূহ জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হইতে থাকে।



$$2Cu_2S + 5O_2 = 2CuSO_4 + 2CuO$$



$$2Fe_2S_3 + 11O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + 4FeSO_4$$



$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

যেখানে আকরিক-চূর্ণ স্তূপীকৃত করিয়া রাখা হয়, তাহার পাশে বড় একটি সিমেন্টের চৌবাচ্চাতে কপার-সালফেট ও ফেরাস-সালফেট দ্রবণ আসিয়া সঞ্চিত হয়। এই দ্রবণে খানিকটা লৌহচূর দিলেই কপার প্রতিস্থাপিত হইয়া বাহির হইয়া আসে। পরে উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয় ও বিশোধিত করা হয়।



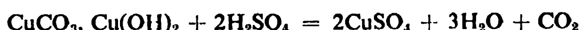
$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

(গ) **অন্যান্য আকরিক হইতে কপার-প্রস্তুতি।** (১) অক্সাইড বা কার্বনেট জাতীয় আকরিক হইতে তামা প্রস্তুত করা খুবই সহজ। বিচূর্ণ আকরিকের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন মিশ্রিত করিয়া চুল্লীতে তাপিত করিলেই আকরিকসমূহ বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়।



$$Cu_2O + C = 2Cu + CO;\ CuCO_3 + C = Cu + CO + CO_2$$

(২) আবার ম্যালাকাইট হইতে কপার পাইতে হইলে উহাকে বিচূর্ণ করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করা হয়। ইহাতে কপার সালফেট দ্রবণ উৎপন্ন হয়।



$$CuCO_3, Cu(OH)_2 + 2H_2SO_4 = 2CuSO_4 + 3H_2O + CO_2$$

এই কপার সালফেট দ্রবণকে বিশুদ্ধ কপারের ক্যাথোড এবং লেডের অ্যানোড সাহায্যে একটি তড়িৎ-সেলে বিশ্লেষণ করা হয়। ক্যাথোডে কপার সঞ্চিত হয়।

**১৩-৪। কপারের ধর্ম।** কপার ধাতুর একটি বিশেষ লাল রঙ আছে, উহাকে 'তামাটে লাল' বলা হয়। ইহার ঘাতসহতা এবং তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবহন-ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখ-যোগ্য। ইহার ঘনত্ব 8.85, গলনাঙ্ক 10.83° সেন্টিগ্রেড।

শুষ্ক বাতাসে কপারের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আদ্র বাতাসে দীর্ঘকাল থাকিলে উহার উপরে কপার-অক্সাইডের একটি সূক্ষ্ম আবরণ পড়ে এবং অনেক সময়ে ক্ষারকীয় সালফেটের আবরণও পড়িতে দেখা যায়। বাতাসে বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে কপার উহার অক্সাইডে পরিণত হইয়া কাল হইয়া যায়।



$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা কপার মোটেই আক্রান্ত হয় না। গাঢ় হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড সহ বাতাসে উত্তপ্ত করিলে কপার ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$

উত্তপ্ত অবস্থায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অনুরূপ বিক্রিয়া হয়, কিন্তু গাঢ় সাল-ফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

(লঘু)

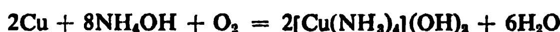


$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

(গাঢ়)

বিভিন্ন গাঢ়ত্বে এবং বিভিন্ন অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে নানারূপ বিক্রিয়া ঘটে। নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রসঙ্গে এই বিষয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হইবে।

ক্ষারক দ্রবণে কপারের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু অক্সিজেনের সান্নিধ্যে গাঢ় অ্যামোনিয়াতে কপার-চূর্ণ ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া গাঢ় নীল কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম-হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2Cu + 8NH_4OH + O_2 = 2[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 6H_2O$$

**কপারের ব্যবহার।** বিদ্যুৎ-শিল্পে কপারের ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বিদ্যুৎ-সরবরাহের জন্য অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কপারের তার ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎ-প্রলেপন,

দলক-তৈয়ারী প্রভৃতিতেও কপার ব্যবহৃত হয়। গৃহস্থের ব্যবহার্য বাসনপত্রও কোন কোন সময় কপার হইতে তৈয়ারী হয়। মুদ্রা-প্রস্তুতিতে কপার অন্যতম উপাদান।

কপার অন্যান্য ধাতুর সহিত সংমিশ্রণের ফলে নানারূপ প্রয়োজনীয় সঙ্কর-ধাতু উৎপাদন করে। যথা :

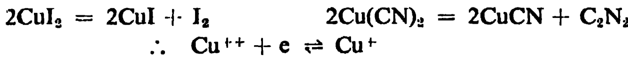
| | |
|---|---|
| পিতল, | Cu(60~70%), Zn(30~40%) |
| ব্রোঞ্জ, | Cu(75~90%), Sn(10~25%) |
| জার্মান সিলভার, | Cu 40%, Zn 30%, Ni 30% |
| বেল মেটাল, | Cu 80%, Sn 20% |
| মোনেল মেটাল, | Cu 28%, Ni 67%, Fe-Mn 5% ইত্যাদি |

## কপারের যৌগ

কপারের দুইটি যোজ্যতা—এক এবং দুই; সুতরাং উহার একযোজী (কিউপ্রাস) এবং দ্বিযোজী (কিউপ্রিক)—এই দুই রকমের যৌগ দেখা যায়। কেবলমাত্র কয়েকটি জটিল যৌগে ত্রিযোজী কপারের ($Cu^{III}$) অস্তিত্ব লক্ষ্য করা গিয়াছে।

(ক) কপারের নিউক্লিয়াসের আধান বেশী এবং পাঃ আয়তন কম, সেইজন্য সাধারণ-ভাবে উহার ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা অপেক্ষা সমযোজ্যতাই অধিকতর প্রকট। একমাত্র $CuF_2$ যৌগে $Cu^{++}$ এই সরল আয়নটির অস্তিত্ব নিশ্চিতরূপে জানা গিয়াছে। অন্যান্য যৌগে সমযোজ্যতাই দেখা যায় অথবা $Cu^+$ বা $Cu^{++}$ আয়ন সবর্গ-যোজ্যতার দ্বারা বিধৃত থাকে, যেমন $[Cu(NH_3)_4{}^{++}]$।

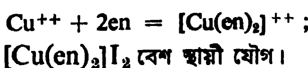
(খ) কিউপ্রিক লবণগুলি যেমন কিউপ্রিক আয়োডাইড, সায়নাইড, সালফোসায়ানাইড সাধারণ অবস্থাতেই বিয়োজিত হইয়া কিউপ্রাস যৌগে পরিণত হয়। অন্যান্য কিউপ্রিক যৌগ, যেমন, অক্সাইড, সালফাইড, ক্লোরাইড ইত্যাদিও উত্তাপে কিউপ্রাস যৌগে রূপান্তরিত হয়।



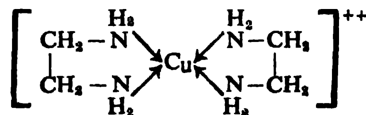
$$2CuI_2 = 2CuI + I_2 \qquad 2Cu(CN)_2 = 2CuCN + C_2N_2$$
$$\therefore\ Cu^{++} + e \rightleftharpoons Cu^+$$

কিউপ্রিক আয়নের (2, 8, 17) বহিঃস্তরে $d^9$ ইলেকট্রন রহিয়াছে, সুতরাং কোন ক্ষীণ অপরাধর্মী আয়ন হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া উহার $d^{10}$-উপস্তর পূর্ণ করা স্বাভাবিক। সেইজন্যই উপরোক্ত পরিবর্তন ঘটে। যে সকল ক্ষেত্রে কিউপ্রাস লবণ জলে অদ্রাব্য সেখানে এইরূপ পরিবর্তন অতি সহজে হয়, যেমন, কিউপ্রিক আয়োডাইড হইতে কিউপ্রাস আয়োডাইড।

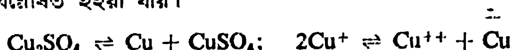
(গ) কিন্তু কিউপ্রিক আয়ন যদি সবর্গ যোজ্যতার দ্বারা ইলেকট্রন প্রদানকারী কোন অণু বা মূলকদ্বারা জটিল মূলকে সংহত হয়, তাহা হইলে উহার কিউপ্রাস যৌগে পরিণতি রোধ করা যায়। যেমন, কিউপ্রিক আয়ন ইথিলীন ডাই-অ্যামিনের সঙ্গে চিলেট আয়ন সৃষ্টি করে এবং তখন উহার আয়োডাইড বেশ স্থায়ী হয়। কিউপ্রাস যৌগে ভাঙ্গিয়া যায় না।



$Cu^{++} + 2en = [Cu(en)_2]^{++}$;
$[Cu(en)_2]I_2$ বেশ স্থায়ী যৌগ।



(ঘ) কিউপ্রাস যৌগগুলি প্রায়ই জলে অদ্রাব্য, যথা, $Cu_2O$, $Cu_2S$, CuCl, CuCN, CuCNS ইত্যাদি। কিউপ্রাস নাইট্রেট, সালফেট প্রভৃতি জলীয় দ্রবণে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$Cu_2SO_4 \rightleftharpoons Cu + CuSO_4; \quad 2Cu^+ \rightleftharpoons Cu^{++} + Cu$$

এখানেও সবর্গ-যোজ্যতার দ্বারা জটিল অবস্থায় লইয়া কিউপ্রাস আয়নের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করা যায়। যেমন, $[Cu(CH_3CN)_4]_2SO_4$, কিউপ্রাস লবণটি বেশ স্থায়ী এবং জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। কিউপ্রাস আয়ন অবশ্য অনেক সময় অতিসহজে জটিল অ্যানায়নে পরিণত হইয়া জলে দ্রবিত থাকে।



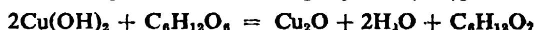
$$Cu(CN) + 3KCN = K_3[Cu(CN)_4]$$

(ঙ) কয়েকটি মাত্র ত্রিযোজী কপারের যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। ইহাদের প্রায় সবগুলিই জটিল যৌগ। কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডকে $K_2S_2O_8$ দ্বারা বিক্রিয়া করাইলে $Cu_2O_3$ পাওয়া যায়। উহা খুব অস্থায়ী। অন্যান্য $Cu^{III}$-এর জটিল যৌগ: $K_7[Cu(IO_6)_2]$, $7H_2O$; $Na_5H_4[Cu(TeO_6)_2]$, $18H_2O$ ইত্যাদি। এই সকল যৌগ পার-আয়োডেট বা টেলুরেটের উপস্থিতিতে ক্ষারীয় কিউপ্রিক লবণের $K_2S_2O_8$-এর জারণ সাহায্যে পাওয়া যায়।

**১৩-৫। কিউপ্রাস অক্সাইড, $Cu_2O$।** কপারের কোন লবণের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় অবস্থায় গ্লুকোজের ($C_6H_{12}O_6$) সহিত গরম করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড পাওয়া যায়। এইজন্য সাধারণতঃ ফেলিং-দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

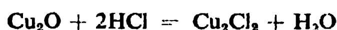


$$CuSO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + Cu(OH)_2$$



$$2Cu(OH)_2 + C_6H_{12}O_6 = Cu_2O + 2H_2O + C_6H_{12}O_7$$

কিউপ্রাস অক্সাইড লাল কঠিন পদার্থ। জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যাসিডে দ্রাব্য। লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উহা কিউপ্রাস ক্লোরাইড দেয়।



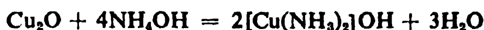
$$Cu_2O + 2HCl = Cu_2Cl_2 + H_2O$$

লঘু $H_2SO_4$ এবং লঘু $HNO_3$ অ্যাসিডদ্বারা উহা কপার এবং কিউপ্রিক লবণে পরিণত হয়।



$$Cu_2O + H_2SO_4 = Cu + CuSO_4 + H_2O \parallel Cu_2O + 2HNO_3 = Cu + Cu(NO_3)_2 + H_2O$$

কিউপ্রাস অক্সাইড গাঢ় অ্যামোনিয়াতে দ্রব হয় এবং বর্ণহীন ডাই-অ্যামিনো-কিউপ্রাস হাইড্রক্সাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। এই জটিল পদার্থটি বাতাসে ধীরে ধীরে টেট্রা-অ্যামিনো কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডে জারিত হইয়া যায়।



$$Cu_2O + 4NH_4OH = 2[Cu(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$

বাতাসে উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রাস অক্সাইড কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2Cu_2O + O_2 = 4CuO$$

লাল রংয়ের কাচ তৈয়ারী করিতে এবং এনামেলে $Cu_2O$ ব্যবহার হয়।

১৩-৬। কিউপ্রিক অক্সাইড, CuO। কপার-চূর্ণ দীর্ঘকাল অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। কিন্তু কপার-নাইট্রেট অথবা কপার-কার্বনেটের তাপ-বিযোজন দ্বারা সাধারণতঃ কিউপ্রিক-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।



$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 2N_2O_4 + O_2$$

কিউপ্রিক অক্সাইড একটি কাল রংয়ের কঠিন পদার্থ এবং জলে অদ্রবণীয়। ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড এবং গাঢ় অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রিক লবণ উৎপাদন করে।

হাইড্রোজেন বা কার্বন-মনোক্সাইডে তাপিত করিলে কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া কপারে পরিণত হয়।



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$



$$CuO + CO = Cu + CO_2$$

নীল ও সবুজ কাচ প্রস্তুত করিতে কিউপ্রিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। ল্যাবরেটরীতে কোন কোন বিশ্লেষণ-পরীক্ষাতেও ইহা প্রয়োজন হয়।

১৩-৭। কিউপ্রাস ও কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড, $Cu_2(OH)_2$ & $Cu(OH)_2$। কিউপ্রাস ক্লোরাইডের আম্লিক দ্রবণে অতিরিক্ত কষ্টিকসোডা মিশ্রিত করিলে ঈষৎ হলদে কিউপ্রাস-হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা অস্থায়ী।

কোন কিউপ্রিক লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত কষ্টিকসোডা বা পটাস মিশাইলে নীলাভ কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

জলে অদ্রবণীয় হইলেও কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কিউপ্রিক লবণে পরিণত হয়।

কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড অ্যামোনিয়াতে অত্যন্ত সহজে দ্রবীভূত হয় এবং জটিল যৌগ-পদার্থ উৎপন্ন করে। ইহাকে কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম যৌগ বলা হয়। সমস্ত কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম যৌগই জলে দ্রাব্য এবং উহাদের রং গাঢ় নীল।



$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

এই নীল টেট্রা-অ্যামিনো কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে "সোয়েটজার বিকারক (Schweitzer's reagent)" বলে।

কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম-হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ সেলুলোজ (কাগজ, তুলা) প্রভৃতির দ্রাবক। কৃত্রিম-সিল্ক উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

১৩-৮। কিউপ্রাস ক্লোরাইড, $Cu_2Cl_2$। মারকিউরিক ক্লোরাইড বা কিউপ্রিক ক্লোরাইডের সঙ্গে কপারের ছিলা (turnings) উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$2Cu + HgCl_2 = Cu_2Cl_2 + Hg$$



$$Cu + CuCl_2 = Cu_2Cl_2$$

কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণকে $SO_2$, $SnCl_2$ অথবা জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলেও কিউপ্রাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

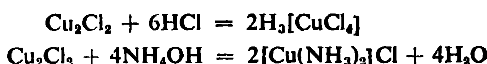


$$2CuCl_2 + SO_2 + 2H_2O = Cu_2Cl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$



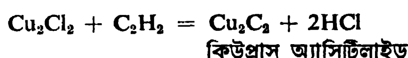
$$2CuCl_2 + 2H = Cu_2Cl_2 + 2HCl \;;\quad 2CuCl_2 + SnCl_2 = Cu_2Cl_2 + SnCl_4$$

কিউপ্রাস ক্লোরাইড সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ, জলে অদ্রাব্য। কিন্তু অ্যামোনিয়া বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং জটিল যৌগে পরিণত হয়।



$$Cu_2Cl_2 + 6HCl = 2H_3[CuCl_4]$$
$$Cu_2Cl_2 + 4NH_4OH = 2[Cu(NH_3)_2]Cl + 4H_2O$$

কিউপ্রাস ক্লোরাইডের এই দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড দ্রব হয় এবং যুতযৌগিক গঠন করে, $CuCl, CO, 2H_2O$। কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অ্যামোনিয়াযুক্ত দ্রবণে অক্সিজেন, অ্যাসিটিলীন গ্যাসও দ্রবীভূত হয় এবং এইজন্য গ্যাস-বিশ্লেষণে উহা ব্যবহৃত হয়।



$$Cu_2Cl_2 + C_2H_2 = Cu_2C_2 + 2HCl$$
কিউপ্রাস অ্যাসিটিলাইড

কিউপ্রাস ক্লোরাইডের আম্লিক দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে ধূসর **কিউপ্রাস-সালফাইড,** $Cu_2S$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

**কিউপ্রাস ব্রোমাইড,** $Cu_2Br_2$। উত্তপ্ত কপারের ছিলার উপর ব্রোমিন বাষ্পের ক্রিয়াতে ইহা বাদামী পাউডাররূপে পাওয়া যায়। কপার সালফেট এবং সোডিয়াম ব্রোমাইডের মিশ্র-দ্রবণে $SO_2$-গ্যাস প্রবাহিত করিলেও কিউপ্রাস ব্রোমাইড পাওয়া যায়।



$$2CuSO_4 + 2NaBr + SO_2 + 2H_2O = Cu_2Br_2 + Na_2SO_4 + 2H_2SO_4$$

ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কিউপ্রাস ক্লোরাইডের মতই জটিল যৌগ দেয়।

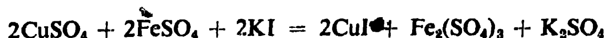
**১৩-৯। কিউপ্রাস আয়োডাইড, CuI।** কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইলে প্রথমে অস্থায়ী যে কিউপ্রিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয় উহা সঙ্গে সঙ্গে বিযোজিত হইয়া কিউপ্রাস আয়োডাইড দেয়।



$$2CuSO_4 + 4KI = 2CuI_2 + 2K_2SO_4 \quad \| \quad 2CuI_2 = 2CuI + I_2$$

এই বিক্রিয়াটি মাত্রিক দিক দিয়া সম্পূর্ণ, সুতরাং উৎপন্ন আয়োডিনকে কোন প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করিলেই কপারের পরিমাণ জানা যায়। কপারের যৌগের পরিমাণ জানার ইহা এক প্রকৃষ্ট উপায়।

পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশাইবার পূর্বেই যদি উহাতে উপযুক্ত বিজারক দ্রব্য, যেমন, ফেরাস সালফেট, দেওয়া হয় তাহা হইলে কিউপ্রাস আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় বটে, কিন্তু আয়োডিন থাকে না।



$$2CuSO_4 + 2FeSO_4 + 2KI = 2CuI + Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4$$

**১৩-১০। কিউপ্রিক ক্লোরাইড, $CuCl_2$।** উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে অনার্দ্র কিউপ্রিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $Cu + Cl_2 = CuCl_2$। কপার অক্সাইডকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাইলে উহা দ্রবিত হইয়া কিউপ্রিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। দ্রবণটি গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড, $CuCl_2, 2H_2O$ কেলাসিত হয়।



$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

সোদক কেলাসকে HCl-গ্যাসে 150°C-এ তাপিত করিলে খয়েরী অনাদ্র' কিউপ্রিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। উচ্চ উষ্ণতায় অনাদ্র' লবণ বিযোজিত হইয়া কিউপ্রাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।



$$2CuCl_2 = Cu_2Cl_2 + Cl_2$$

সোদক কিউপ্রিক ক্লোরাইড স্ফটিক সবুজ বর্ণের এবং জলে দ্রবণীয়। জলীয় গাঢ় দ্রবণও নীলাভ সবুজ, লঘু দ্রবণ নীল। বস্তুতঃ এই নীল রং $[Cu(H_2O)_4]^{++}$ আয়নের জন্য। এই দ্রবণে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে উহার নীল রং বাদামী-হলুদ হইয়া পড়ে। ইহার কারণ, $[CuCl_4]^{--}$ আয়নের সৃষ্টি হয়, উহা হলুদ। ঐ অম্লদ্রবণে সবুজ $[Cu(H_2O)_4]^{++}$ এবং হলুদ $[CuCl_4]^{--}$ আয়ন থাকে।



$$2[Cu(H_2O)_4]Cl_2 \rightleftharpoons [Cu(H_2O)_4]^{++}[CuCl_4]^{--} + 4H_2O$$

কিউপ্রিক ব্রোমাইড অনুরূপ উপায়েই প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু কিউপ্রিক আয়োডাইড অত্যন্ত অস্থায়ী এবং সঙ্গে সঙ্গে বিযোজিত হইয়া কিউপ্রাস আয়োডাইডে পরিণত হইয়া যায়।

**১৩-১১। কিউপ্রিক-সালফেট বা কপার-সালফেট, $CuSO_4, 5H_2O$ (তুঁতে)।** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটন্ত অবস্থায় কপারের সহিত বিক্রিয়া করে এবং কপার-সালফেট উৎপাদন করে:



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

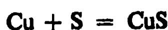
লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কপার-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়াও কপার-সালফেট প্রস্তুত করা সম্ভব: $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

উৎপন্ন কপার-সালফেটের দ্রবণটি গাঢ় করিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে নীল রঙের সোদক কপার-সালফেট কেলাসিত হয়। উহাতে প্রত্যেকটি কপার-সালফেট অণুর সহিত পাঁচটি জলের অণু যুক্ত থাকে। ইহার ইংরেজী নাম 'ব্লু ভিট্রিয়ল' (blue vitriol)।

অধিক পরিমাণে কপার সালফেট প্রয়োজন হইলে নিম্নোক্ত উপায়ের সাহায্যে উহা প্রস্তুত করা হয়:

(১) কপার-পাইরাটিসকে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে তাপজারিত করা হয় (roasted)। ইহাতে কপার-সালফাইড কপার-সালফেটে, এবং আয়রন-সালফাইড আয়রন-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। অতঃপর উহাকে জলের সহিত ফুটাইয়া লইলে কপার-সালফেট জলে দ্রবীভূত হইয়া অন্যান্য পদার্থ হইতে পৃথক হইয়া আসে। দ্রবণটিকে গাঢ় অবস্থায় শীতল করিলে কপার-সালফেট কেলাসিত হয়।

(২) কপারের ছিলা, কপারের ভাঙা টুকরা প্রভৃতি উপযুক্ত পরিমাণ সালফারের সহিত মিশাইয়া পরাবর্ত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কপার-সালফাইড পাওয়া যায়। অতঃপর উহাকে বায়ুপ্রবাহে আরও তাপিত করিলে উহা কপার-সালফেটে পরিণত হয়। চুল্লী হইতে বাহির করিয়া জলে ফুটাইয়া কপার-সালফেট দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং যথারীতি $CuSO_4, 5H_2O$ কেলাসিত করা হয়।

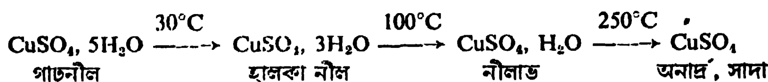


$$Cu + S = CuS$$



$$CuS + 2O_2 = CuSO_4$$

সোদক নীল কপার সালফেটকে উত্তপ্ত করিলে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে উহা নিরুদিত হইতে থাকে এবং বিভিন্ন সোদক অবস্থার পরে 250°C-এ সম্পূর্ণ অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটে পরিণত হয়:



$$CuSO_4, 5H_2O \xrightarrow{30°C} CuSO_4, 3H_2O \xrightarrow{100°C} CuSO_4, H_2O \xrightarrow{250°C} CuSO_4$$

গাঢ়নীল হাল্কা নীল নীলাভ অনার্দ্র, সাদা

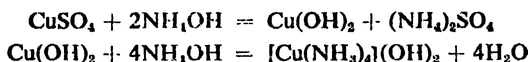
অনার্দ্র কপার সালফেট লোহিত তাপে বিভাজিত হইয়া যায়।



$$CuSO_4 = CuO + SO_3$$

অনার্দ্র লবণ ( $CuSO_4$ ) জলের সংস্পর্শে আসিলে আবার নীল সোদক অণুতে ফিরিয়া যায়।

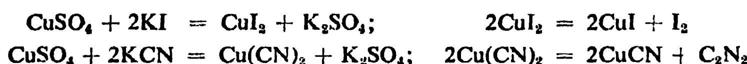
কপার সালফেট জলে দ্রবণীয়। উহার দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে জটিল টেট্রা-অ্যামোনিয়াম কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড হয়।



$$CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$
$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

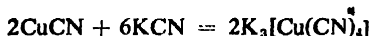
[অনুচ্ছেদ ১৩-৭ দ্রষ্টব্য]

পটাসিয়াম আয়োডাইড, পটাসিয়াম সায়নাইডের সঙ্গে কিউপ্রিক সালফেটের বিক্রিয়াতে বিভিন্ন কিউপ্রাস যৌগ পাওয়া যায়। কারণ, ঐ সকল কিউপ্রিক যৌগ অস্থায়ী এবং সহজেই বিভাজিত হইয়া পড়ে।



$$CuSO_4 + 2KI = CuI_2 + K_2SO_4; \quad 2CuI_2 = 2CuI + I_2$$
$$CuSO_4 + 2KCN = Cu(CN)_2 + K_2SO_4; \quad 2Cu(CN)_2 = 2CuCN + C_2N_2$$

**কিউপ্রাস সায়নাইড** তৈয়ারী করার ইহাই সাধারণ পদ্ধতি। এই সাদা সায়নাইড কিন্তু অতিরিক্ত পটাসিয়াম সায়নাইডে দ্রবিত হইয়া জটিল কিউপ্রোসায়নাইডে পরিণত হয়।



$$2CuCN + 6KCN = 2K_3[Cu(CN)_4]$$

**কিউপ্রাস থায়োসায়ানেট, $CuCNS$।** ইহাও কপার সালফেট হইতে তৈয়ারী হয়। কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট মিশাইয়া $SO_2$-গ্যাস পরিচালনা করা হয়; সাদা কিউপ্রাস থায়োসায়ানেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

$$2CuSO_4 + SO_2 + 2NH_4CNS + 2H_2O = 2CuCNS + 2H_2SO_4 + (NH_4)_2SO_4$$

বিক্রিয়াটি মাত্রিক দিক হইতে সম্পূর্ণ, সেইজন্য কপার থায়োসায়ানেট অধঃক্ষেপ শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে আদি দ্রবণের কপারের পরিমাণ জানা যায়।

কপার সালফেট তড়িৎ-লেপনের জন্য প্রয়োজন হয়। জীবাণু ও কীট-বিনাশক রূপে এবং রাগবন্ধক (mordant) হিসাবেও উহা ব্যবহৃত হয়।

**১৩-১২। কপার নাইট্রেট, $Cu(NO_3)_2, 3H_2O$।** কপার বা উহার অক্সাইডের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে কিউপ্রিক নাইট্রেট উৎপন্ন হয়। গাঢ় দ্রবণ হইতে সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

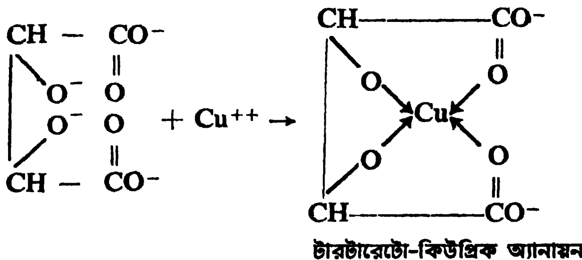
এই কপার নাইট্রেট সবুজ রংয়ের উদ্গ্রাহী স্ফটিক এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। উত্তপ্ত করিলে কপার নাইট্রেটের বিভাজন হয় এবং কপার অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

**১৩-১৩। কপার কার্বনেট, $2CuCO_3, Cu(OH)_2$।** কিউপ্রাস কার্বনেট প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। কিউপ্রিক লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে যে অধঃক্ষেপ পড়ে উহা বস্তুতঃ ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট। বিশুদ্ধ অবস্থায় কপার কার্বনেট ($CuCO_3$) তৈয়ারী করা যায় না।

**১৩-১৪। কপারের জটিল যৌগ।** জটিল ক্যাটায়ন এবং অ্যানয়ন গঠনে কপারের একটা স্বাভাবিক প্রবণতার উদাহরণ পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। $[Cu(H_2O)_4]^{++}$, $[Cu(NH_3)_4]^{++}$, $[Cu(en)_2]^{++}$ .... ইত্যাদি কিউপ্রিক জটিল আয়ন। ফেলিং দ্রবণেও কপার রোসেল লবণের (Rochelle salt) টারটারেট আয়নের সঙ্গে জটিল আয়ন অবস্থায় আছে।



টারটারেটো-কিউপ্রিক অ্যানায়ন

কিউপ্রাস আয়নও জটিল আয়ন সৃষ্টি করে, যথা $[Cu(NH_3)_2]^+$, $[CuCl_2]^-$, $[Cu(CN)_3]^{--}$ ইত্যাদি।

**কপার যৌগের পরীক্ষা।** নিম্নলিখিত শুষ্ক পরীক্ষাতে কপারের অস্তিত্ব নির্দেশ করা হয়:

(ক) শিখা পরীক্ষা। বুনসেন দীপের শিখাতে কপার-যৌগ নীল কিংবা সবুজ বর্ণ সৃষ্টি করে।

(খ) চারকোলের পরীক্ষা। বিজারণ-শিখাতে চারকোল-পরীক্ষায় কপারের লালচে আস্তরণ পড়ে, উহা ধাতব কপার।

(গ) বোরাক্সগুটি পরীক্ষা। বোরাক্স-গুটি উত্তপ্ত অবস্থায় সবুজ এবং ঠাণ্ডা হইলে নীল রং ধারণ করে।

**সিক্ত পরীক্ষা।** (১) কপার লবণের আম্লিক দ্রবণে $H_2S$ গ্যাস দিলে কাল কপার সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(২) কপার লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে, প্রথমে কপার হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াতে উহা দ্রবিত হইয়া গাঢ় নীল কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয়।

(৩) কপারের লবণের দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়নাইড দ্রবণ মিশাইলে বাদামী রংয়ের কপার ফেরোসায়নাইড, $Cu_2[Fe(CN)_6]$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

**মাত্রিক বিশ্লেষণ।** পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে কপারকে দ্রবণ হইতে $CuO$, $Cu_2S$ অথবা $CuCNS$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ওজন করা হয়।

পটাসিয়াম আয়োডাইড সাহায্যে কপার লবণের বিক্রিয়াতে যে আয়োডিন নির্গত হয়, উহার টাইট্রেশন হইতেও কপারের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। পূর্বেই ইহা উল্লেখ করা হইয়াছে

## সিলভার [রৌপ্য]

চিহ্ন Ag ক্রমাঙ্ক, 47 পাঃ গুরুত্ব, 107.88

ইলেকট্রন-বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^1$

মৌলিক অবস্থায় প্রকৃতিতে অনেক সময় রূপা পাওয়া যায় বটে তবে উহার পরিমাণ খুব বেশী নয়। পৃথিবীর অধিকাংশ রূপাই উহার সালফাইড যৌগরূপে থাকে এবং অনেক ক্ষেত্রেই সিলভার-সালফাইড অন্যান্য সালফাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। সিলভারের কয়েকটি প্রধান আকরিকের নাম:

(ক) আর্জেনটাইট (argentite) বা সিলভার গ্লান্স, $Ag_2S$
(খ) পাইরারজিরাইট (pyrargyrite), $Ag_3SbS_3$
(গ) প্রাউস্টাইট (proustite), $Ag_3AsS_3$
(ঘ) স্ট্রোমিয়ারাইট (stromeyerite), $Cu_2Ag_2S$

লেডের আকরিক গ্যালেনার ভিতরেও প্রায়ই সিলভার-সালফাইড মিশ্রিত থাকে। সালফাইড ব্যতীত অন্যান্য আকরিকের মধ্যে ক্লোরারজিরাইট (chlorargyrite) বা হর্ণ সিলভার, AgCl উল্লেখযোগ্য।

**১৩-১৫। সিলভার প্রস্তুতি।** অধিকাংশ রৌপ্যই উহার সালফাইড আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়। সিলভার প্রস্তুতিতে প্রধানতঃ তিনটি বিভিন্ন উপায় অবলম্বন করা যাইতে পারে:

(১) সীসক পদ্ধতি (lead process)
(২) পারদ-সংকর পদ্ধতি (amalgamation process)
(৩) সায়নাইড পদ্ধতি (cyanide process)

**(১) সীসক পদ্ধতি।** সিলভার আকরিকসমূহে সিলভারের পরিমাণ খুবই সামান্য থাকে। আকরিকে লেড-সালফাইড বা অন্যান্য সালফাইড এবং মাটি ও অন্যান্য সিলিকেট পাথরসমূহের পরিমাণই বেশী। লেড-যুক্ত আকরিক হইতে প্রচলিত নিয়মানুযায়ী লেড ধাতু নিষ্কাশিত করিয়া লওয়া হয়। আকরিকের সমস্ত সিলভার ধাতব অবস্থায় লেডের সহিত মিশ্রিত হইয়া আকরিক হইতে বাহির হইয়া আসে। যে সমস্ত সিলভার-আকরিকে লেড নাই, উহাতে উপযুক্ত পরিমাণ গ্যালেনা মিশাইয়া যথারীতি লেড ধাতু প্রস্তুত করা হয়। উহাতেই আকরিকের সমস্তটুকু সিলভার ধাতু মিশ্রিত থাকে। এইরূপে সমস্ত সিলভার-সালফাইড আকরিক হইতে প্রথমতঃ সীসকের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় সিলভার নিষ্কাশিত করা হয়। এই মিশ্রণে খুব বেশী হইলে শতকরা একভাগ রৌপ্য থাকে।

অতঃপর এই লেড-সিলভার-সংকর হইতে খানিকটা সীসক পৃথক করিয়া মিশ্রণে

রৌপ্যের অনুপাত বাড়ান হয়। অর্থাৎ সিলভার হিসাবে মিশ্রণটিকে গাঢ়তর করা হয়। প্রধানতঃ দুইটি উপায়ে এই গাঢ়ীভবন নিষ্পন্ন করা যাইতে পারে:

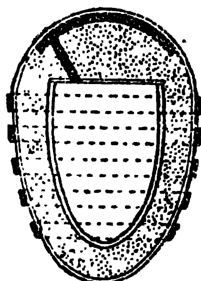
(ক) প্যাটিন্‌সন্‌ প্রণালী। (Pattinson process)। রৌপ্য-মিশ্রিত সীসাকে একটি পাত্রে সম্পূর্ণ গলাইয়া লওয়া হয়। এই গলিত মিশ্রণটিকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিলে, উহা হইতে প্রথমে কেবল বিশুদ্ধ সীসক কেলাসিত হয়, কারণ সীসকের গলনাঙ্ক সীসক-রূপার সংকরের গলনাঙ্ক অপেক্ষা অধিক। এই কেলাসিত সীসক গলিত সংকর অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া উপরের দিকে ভাসিতে থাকে। একটি ঝাঁঝরা হাতার সাহায্যে এই সীসকের স্ফটিকগুলি পৃথক করিয়া অপর এক পাত্রে লইয়া যাওয়া হয়, এবং পরিত্যক্ত সীসক-রৌপ্য মিশ্রণটি একটি ভিন্ন পাত্রে রাখা হয়। কেলাসিত সীসকে রূপার পরিমাণ খুবই সামান্য থাকে। কিন্তু পরিত্যক্ত মিশ্রণটিতে রূপার অনুপাত বৃদ্ধি পায়। এই মিশ্রণটিকে আবার গলাইয়া লইয়া উক্ত উপায়েই উহা হইতে পুনরায় শুদ্ধতর সীসা পৃথক করা হয়। পৃথকীকৃত সীসকগুলিকেও পুনঃপুনঃ গলাইয়া একই উপায়ে এক দিকে সীসা এবং অপর দিকে রূপার অনুপাত বাড়ান হইতে থাকে। এই ভাবে অনেকবার কেলাসন করার ফলে সীসার ভিতর রূপার অনুপাত শেষ পর্যন্ত 2.5% করা সম্ভব। ইহাতে মিশ্রণটির প্রায় শতকরা 85 ভাগ সীসা পৃথক হইয়া যায়। কিন্তু মিশ্রণটিতে রৌপ্যের পরিমাণ 2.5% এর অধিকতর করা সম্ভব নয়।

বর্তমানে প্যাটিন্‌সন্‌ প্রণালীতে সিলভার-লেডের সংকরকে গাঢ়তর করা প্রায় লোপ পাইয়াছে। সহজতর পার্কস প্রণালীই বর্তমানে প্রয়োগ করা হয়।

(খ) পার্কস প্রণালী (Parkes process)। লেড-সিলভার-সংকরের সহিত শতকরা একভাগ জিঙ্ক মিশ্রিত করিয়া গলাইলে লেড হইতে প্রায় সমস্ত সিলভার বাহির হইয়া আসিয়া জিঙ্কের সহিত মিলিত হয়। গলিত অবস্থায় লেড এবং জিঙ্ক পরস্পরের সহিত সমসত্ত্বভাবে মিশে না—নীচে লেড এবং উপরে জিঙ্ক এই দুইটি পৃথক স্তরে থাকে। লেড অপেক্ষা জিঙ্কের ভিতর সিলভার অধিকতর দ্রবণীয়। সেইজন্য যখন গলিত লেড-সিলভার-সংকরটির সহিত জিঙ্ক মিশাইয়া একত্র গলান হয় তখন সিলভারটুকু জিঙ্কের স্তরে চলিয়া আসে। জিঙ্ক-সিলভার-সংকরের গলনাঙ্ক লেড অপেক্ষা অধিক। সুতরাং অপেক্ষাকৃত হাল্‌কা জিঙ্ক-সিলভার-সংকর লেডের পূর্বেই কেলাসিত হইয়া উপরে ভাসিয়া ওঠে। ঝাঁঝরা হাতার সাহায্যে গলিত মিশ্রণ হইতে জিঙ্ক-সিলভার-সংকর পৃথক করিয়া লওয়া হয়। পৃথক করার সময় উহাতে সামান্য লেড মিশ্রিত থাকিয়া যায়। অতঃপর বকযন্ত্রে রাখিয়া জিঙ্ক-সিলভার-সংকরকে পাতিত করা হয়। জিঙ্ক পাতিত হইয়া গ্রাহকে সংগৃহীত হয় এবং পুনরায় ব্যবহৃত হয়। বকযন্ত্রে সিলভার ও লেডের মিশ্রণ পড়িয়া থাকে। উহাতে সিলভার প্রায় 10% এবং লেড 90% থাকে। সিলভারের অপচয় কম হয় এবং সহজে গাঢ় সিলভার-লেড-সংকর পাওয়া যায় বলিয়া বর্তমানে পার্কস পদ্ধতির বহুল প্রচলন হইয়াছে।

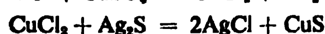
'কিউপেলেসন' (cupellation)। প্যাটিন্‌সন্‌ ও পার্কস এই উভয় প্রণালীতেই লেড ও সিলভারের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায় এবং উহাতে যথেষ্ট পরিমাণ সিলভার থাকে। কিউপেলেসন প্রণালীর সাহায্যে উহার লেড দূরীভূত করিয়া সিলভার প্রস্তুত

করা হয়। অস্থিভস্মের তৈয়ারী ডিম্বাকৃতি থালার মত অগভীর পাত্রে লেড-সিলভার-সংকর লইয়া একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহে তাপিত করা হয়। এই পাত্রগুলিকে 'কিউপেল' বলে। লেড বায়ুতে তাপিত হইয়া লেড-অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন লেড-অক্সাইড গলিয়া কিউপেলের ধার দিয়া বাহির হইয়া যায়। এইরূপে সমস্ত লেড প্রায় দূরীভূত হইয়া থাকে। শেষ পর্যন্ত যদি কোন লেড-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে তবে উহা কিউপেলের অস্থিভস্ম দ্বারা শোষিত হইয়া যায় এবং উজ্জ্বল সিলভার গলিত অবস্থায় কিউপেলে পাওয়া যায়। এইরূপে সিলভার ধাতু প্রস্তুত হয়।


চিত্র। কিউপেল

**তড়িৎ-বিশোধন।** কিউপেলে যে সিলভার ধাতু পাওয়া যায় তাহার সহিত প্রায়ই স্বল্প পরিমাণ সোনা ও তামা মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধ সিলভার পাওয়ার জন্য উক্ত সিলভারকে তড়িৎ-বিশোধিত করা হয়। একটি তড়িৎ-বিশ্লেষক সেলে 6% সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ (1% নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রিত অবস্থায়) লওয়া হয়। অবিশুদ্ধ সিলভারের বড় বড় টুকরা অ্যানোড রূপে এবং বিশুদ্ধ সিলভারের সরু পাত ক্যাথোড রূপে দ্রবণের ভিতর লইয়া সেলে তড়িৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়। অ্যানোড হইতে সিলভার ও কপার আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ সিলভার জড় হয়। অ্যানোডে যদি কোন গোল্ড থাকে তবে উহা সেলের নীচে গাদ হিসাবে সঞ্চিত হয়। অনেক সময় অ্যানোডের চারিদিকে মসলিন ব্যাগ থাকে, তাহাতেও গাদ সঞ্চিত হইতে পারে।

(২) **পারদ-সংকর পদ্ধতি।** একটি ঘরের সিমেন্ট-বাঁধান মেঝেতে সিলভার আকরিকটিকে ($Ag_2S$, $AgCl$ বা $Ag$) বিচূর্ণ অবস্থায় শতকরা 5 ভাগ সোডিয়াম-ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করা হয়। অনেক সময়েই পদার্থগুলিকে কোন পশু বা খচ্চর দ্বারা মাড়াইয়া উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয়। উহাতে আস্তে আস্তে উপযুক্ত পরিমাণ কপার-সালফেট এবং পারদ মিশান হয়। ইহার ফলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হইয়া প্রথমতঃ সিলভার-ক্লোরাইড এবং পরে উহা হইতে সিলভার ধাতু উৎপন্ন হয়। সিলভার পারদে দ্রবীভূত হইয়া পারদ-মিশ্র অবস্থায় থাকে। এই সিলভার-পারদের সংকরটি পৃথক করিয়া পারদ পাতিত করিয়া লওয়া হয় এবং সিলভার ধাতু পাওয়া যায়। প্রয়োজন হইলে পরে কিউপেলেসন ও তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালীতে উহাকে বিশোধিত করা হয়।


$$2NaCl + CuSO_4 = CuCl_2 + Na_2SO_4$$

$$CuCl_2 + Ag_2S = 2AgCl + CuS$$

$$2AgCl + 2Hg = Hg_2Cl_2 + 2Ag$$

যেখানে জ্বালানীর অভাবে তাপ-উৎপাদন ব্যয়সাধ্য সেখানেই কেবল এই পদ্ধতিটি একসময়ে অনুসৃত হইত। বর্তমানে ইহার পরিবর্তে সায়নাইড পদ্ধতি অধিকতর সমাদৃত।

(৩) **সায়নাইড পদ্ধতি।** আকরিকে সিলভার ধাতু বা সিলভারের যে কোন যৌগই থাকুক, এই পদ্ধতি অনায়াসে প্রয়োগ করা যায়। আকরিকে সিলভারের পরিমাণ খুব কম থাকিলে, এই পদ্ধতিটির বিশেষ প্রয়োজন।

সচরাচর সিলভার-সালফাইড আকরিকটিকে খুব সূক্ষ্মাবস্থায় বিচূর্ণ করিয়া 0.7% লঘু সোডিয়াম-সায়নাইড দ্রবণের সহিত মিশান হয়। পাত্রটির নীচ হইতে দ্রবণের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে বায়ু-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। ইহাতে মিশ্রণটি আলোড়িত হয় এবং বায়ুর অক্সিজেন বিক্রিয়াটির সম্পূর্ণতা লাভে সহায়তা করে। সিলভার-সালফাইড সোডিয়াম-আর্জেণ্টো-সায়নাইড রূপে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অন্যান্য অদ্রাব্য পদার্থগুলিকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়।



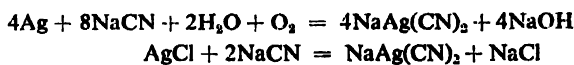
$$Ag_2S + 4NaCN \rightleftharpoons 2NaAg(CN)_2 + Na_2S$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী, সুতরাং সম্পূর্ণ $Ag_2S$-কে দ্রবীভূত করিতে হইলে $Na_2S$ সরাইয়া লওয়া প্রয়োজন। এই কারণেই বায়ু প্রবাহিত করিয়া সোডিয়াম-সালফাইডকে বিযোজিত করিয়া দেওয়া হয়:



$$2Na_2S + O_2 + 2H_2O = 4NaOH + 2S$$

সিলভার-সালফাইড ছাড়া অন্যান্য আকরিকের সিলভারকেও সোডিয়াম-সায়নাইড সাহায্যে দ্রবীভূত করিয়া এইভাবে সোডিয়াম-আর্জেণ্টো-সায়নাইড দ্রবণে পরিণত করা সম্ভব।



$$4Ag + 8NaCN + 2H_2O + O_2 = 4NaAg(CN)_2 + 4NaOH$$
$$AgCl + 2NaCN = NaAg(CN)_2 + NaCl$$

অতঃপর সোডিয়াম-আর্জেণ্টো-সায়নাইড দ্রবণে দস্তারজঃ (জিঙ্ক-চূর্ণ) মিশাইলে, দ্রবণ হইতে সিলভার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। এই অধঃক্ষেপটি কাল রঙের এবং জিঙ্কের সহিত মিশ্রিত থাকে।



$$2NaAg(CN)_2 + Zn = Zn(CN)_2 + 2NaCN + 2Ag$$

উহাকে ছাঁকিয়া লইয়া পটাসিয়াম-নাইট্রেট সহ চুল্লীতে গলাইয়া বিশুদ্ধ সিলভার প্রস্তুত করা হয়।

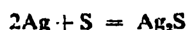
**১৩-১৬। সিলভারের ধর্ম।** সিলভার অত্যন্ত উজ্জ্বল সাদা রঙের ধাতু। ইহার ঘনত্ব 10.5, গলনাঙ্ক 756°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 1955°C। ইহার ঘাতসহতা খুব বেশী—খুব পাতলা পাত এবং সরু সিলভারের তার তৈয়ারী করা যায়। মাত্র 0.00001 ইঞ্চি পুরু সিলভারের পাতও প্রস্তুত হয়। তাপ এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা সিলভারের অন্যান্য সকল বস্তু অপেক্ষা বেশী। সিলভার গলিত অবস্থায় প্রচুর অক্সিজেনকে দ্রবীভূত করে, আবার শীতল হইলে সেই অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে।

শুষ্ক বা আর্দ্র বাতাসে সিলভারের কোন পরিবর্তন হয় না। সিলভারের উপর কোন ক্ষারকেরও কোনরূপ ক্রিয়া হয় না।

হ্যালোজেন ও সালফার সিলভারের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইতে পারে:



$$2Ag + Cl_2 = 2AgCl$$



$$2Ag + S = Ag_2S$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিলভার দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু হাইড্রো-আয়োডিক, সালফিউরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা সিলভার আক্রান্ত হইয়া থাকে:



$$2Ag + 2HI = 2AgI + H_2$$



$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

$H_2S$ গ্যাসের সংস্পর্শে সিলভার কাল সিলভার-সালফাইডে পরিণত হয়। এইজন্যই ল্যাবরেটরীতে সহজেই সিলভারের তৈয়ারী জিনিসগুলি কাল হইয়া যায়:



$$2Ag + H_2S = Ag_2S + H_2$$

**সিলভারের ব্যবহার।** গহনা ও মুদ্রা-প্রস্তুতিতে সিলভার প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় অবর ধাতুর উপরেও সিলভারের প্রলেপ দেওয়া হয়। অনেক আয়নাতেও সিলভারের প্রলেপ থাকে। সিলভার-নাইট্রেট সিলভার হইতে প্রস্তুত করা হয়।

বিশুদ্ধ সিলভার অপেক্ষাকৃত নরম বলিয়া গহনা-প্রস্তুতিতে কিছু কপার (তামা) মিশাইয়া লওয়া হয়। এই মিশ্রণে সিলভারের অনুপাতকে 'fineness' বলে। যথা, ব্রিটিশ সিলভার 925 fine, অর্থাৎ একহাজার ভাগ সিলভার-সংকরে 925 ভাগ সিলভার থাকিবে।

মুদ্রা-প্রস্তুতিতে সিলভারের সহিত সাধারণতঃ কপার, জিঙ্ক ও নিকেল মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়।

**সিলভারের তড়িৎ-লেপন।** *কোন ধাতব পদার্থের উপর সিলভারের প্রলেপ দিতে হইলে* সাধারণতঃ তড়িৎ-লেপন সাহায্যে উহা করা হয়। পদার্থটিকে প্রথমতঃ লঘু HCl এবং সোডিয়াম-কার্বনেট দ্রবণ দ্বারা ঘষিয়া পরিস্কৃত করা হয় যাহাতে উহাতে কোন আঠা বা তৈলাক্ত পদার্থ না থাকে। তৎপরে পাতিত জলে উহাকে পুনঃপুনঃ ধুইয়া লওয়া হয়। একটি তড়িৎ-বিশ্লেষক সেলে $AgNO_3$ ও KCN-এর একটি মিশ্রিত দ্রবণ, অর্থাৎ $KAg(CN)_2$ দ্রবণ লওয়া হয়। যে বস্তুটির উপর প্রলেপ দিতে হইবে উহাকে ক্যাথোড রূপে সেলের অপরা তড়িৎ-দ্বারে নিমজ্জিত করিয়া দেওয়া হয় এবং একটি বিশুদ্ধ সিলভারের পাত অ্যানোড রূপে রাখিয়া দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালনা করা হয়। ইহার ফলে, ক্যাথোডের বস্তুটির উপরে ধীরে ধীরে সিলভার জমিয়া একটি প্রলেপ সৃষ্টি করে।

**সিলভার-প্রলেপন।** তড়িৎ-লেপন ছাড়াও অনেক ক্ষেত্রে সিলভারের প্রলেপন দেওয়া হয়। দর্পণ প্রভৃতিতে কাচের উপর সিলভারের আচ্ছাদন থাকে। সর্বদাই সিলভার-নাইট্রেট দ্রবণকে গ্লুকোজ বা রোসেল লবণ (Rochelle salt) সাহায্যে বিজারিত করিয়া সিলভার জমাইয়া কাচের উপর ঐরূপ প্রলেপ সৃষ্টি করা হয়। কাচটিকে উত্তমরূপে পরিস্কৃত করিয়া উহার যেদিকে সিলভার জমাইতে হইবে সেইদিকে অ্যামোনিয়া-যুক্ত সিলভার-নাইট্রেটের দ্রবণ ও গ্লুকোজ দ্রবণের একটি মিশ্রণ দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে সিলভার কাচের উপর জমিতে থাকে। এইভাবেই দর্পণাদির সিলভার-প্রলেপ হইয়া থাকে:



$$2AgNO_3 + C_6H_{12}O_6 + H_2O = 2Ag + 2HNO_3 + C_6H_{12}O_7$$

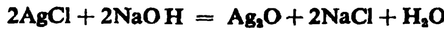
## সিলভারের যৌগসমূহ

**১৩-১৭। সিলভার-অক্সাইড, $Ag_2O$।** সিলভার লবণের জলীয় দ্রবণে কস্টিকসোডা বা পটাস দ্রবণ মিশাইলে ধূসর রঙের সিলভার-অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



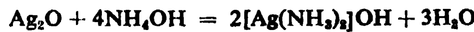
$$2AgNO_3 + 2NaOH = Ag_2O + 2NaNO_3 + H_2O$$

সিলভার-ক্লোরাইড ও কস্টিকসোডা একত্র গলাইলেও সিলভার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2AgCl + 2NaOH = Ag_2O + 2NaCl + H_2O$$

সিলভার-অক্সাইড ধূসর রঙের কঠিন অনিয়তাকার পদার্থ। জলে ইহার দ্রাব্যতা কম, এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয়-গুণসম্পন্ন। আর্দ্র সিলভার-অক্সাইড সিলভার-হাই-ড্রক্সাইডের অনুরূপ ব্যবহার করে। 250°C অধিক উষ্ণতায় তাপিত করিলে সিলভার অক্সাইড বিযোজিত হইয়া যায়। সিলভার-অক্সাইড গাঢ় অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয় এবং উহা বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা হইতে স্বতঃবিস্ফোরক $Ag_3N$ অধঃক্ষিপ্ত হইতে থাকে।



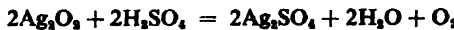
$$Ag_2O + 4NH_4OH = 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$

**১৩-১৮। সিলভার পার-অক্সাইড, $Ag_2O_2$।** সিলভার ধাতুর উপর ওজোনের বিক্রিয়াতে অথবা সিলভার নাইট্রেট এবং পটাসিয়াম পারসালফেটের বিক্রিয়াতে সিলভার পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$2AgNO_3 + K_2S_2O_8 + 2H_2O = Ag_2O_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4 + 2HNO_3$$

ইহা একটি কাল অনিয়তাকার পদার্থ, জলে অদ্রাব্য। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ইহা দ্রবিত হয়। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে কোন $H_2O_2$ পাওয়া যায় না বলিয়া ইহাকে প্রকৃত পার-অক্সাইড বলা যায় না। পদার্থটি অবশ্য শক্তিশালী জারক এবং অ্যামোনিয়াম লবণকে নাইট্রেটে জারিত করিয়া দেয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন ও সিলভার সালফেট পাওয়া যায়।



$$2Ag_2O_2 + 2H_2SO_4 = 2Ag_2SO_4 + 2H_2O + O_2$$

**১৩-১৯। সিলভার নাইট্রেট, $AgNO_3$।** অপেক্ষাকৃত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে সিলভার দ্রবীভূত হইয়া সিলভার নাইট্রেট ও নাইট্রিক-অক্সাইডে পরিণত হয়। দ্রবণটি ফুটাইলে সমস্ত নাইট্রোজেন অক্সাইড উদ্বায়িত হইয়া যায় এবং ঠাণ্ডা করিলে স্বচ্ছ বর্ণহীন সিলভার নাইট্রেট স্ফটিক কেলাসিত হয়।



$$3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

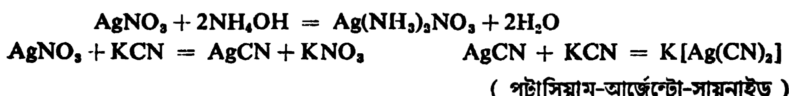
ত্বক্ বা জীবদেহের সংস্পর্শে আসিলে সিলভার-নাইট্রেট উহাকে ক্ষারের ন্যায় পোড়াইয়া দেয় এবং ত্বকের উপর কাল সিলভার জমিয়া থাকে। আলোকেও সিলভার-নাইট্রেট ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়, এইজন্য কাল বা লাল শিশিতে সিলভার-নাইট্রেট রাখা প্রশস্ত। তাপ-প্রয়োগেও উহা বিযোজিত হইয়া যায়।



$$2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$$

শুষ্ক সিলভার-নাইট্রেট অ্যামোনিয়া শোষণ করিয়া $Ag(NH_3)_3NO_3$ জটিল লবণে পরিণত হয়।

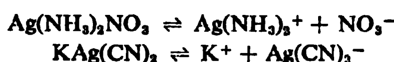
সিলভারের জটিল যৌগ সৃষ্টি করার বিশেষ ক্ষমতা আছে। সিলভার-নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়া, পটাসিয়াম-সায়নাইড, ইত্যাদির বিক্রিয়া হইতে ইহার প্রমাণ পাওয়া যায়।



$$AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag(NH_3)_2NO_3 + 2H_2O$$
$$AgNO_3 + KCN = AgCN + KNO_3 \qquad AgCN + KCN = K[Ag(CN)_2]$$

( পটাসিয়াম-আর্জেন্টো-সায়নাইড )

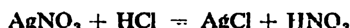
এই জটিল লবণগুলি জলে দ্রবণীয় এবং দ্রবণের ভিতর আয়নিত হইয়া থাকে। সিলভার কখনও জটিল অ্যানায়নে আবার কখনও জটিল ক্যাটায়নে থাকিতে পারে:



$$Ag(NH_3)_2NO_3 \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+ + NO_3^-$$
$$KAg(CN)_2 \rightleftharpoons K^+ + Ag(CN)_2^-$$

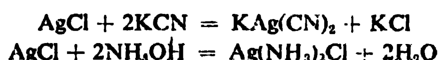
**ব্যবহার।** তড়িৎ-লেপন, দর্পণ-প্রস্তুতি, ঔষধ এবং ল্যাবরেটরীতে রাসায়নিক বিশ্লেষণে ইহা ব্যবহৃত হয়। ফটোগ্রাফির জন্য সিলভার হ্যালাইড প্রস্তুতিতে ইহার প্রয়োজন সর্বাধিক।

**১৩-২০। সিলভার-ক্লোরাইড, AgCl।** সিলভারের কোন লবণের জলীয় দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা কোন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিলেই সাদা এবং ভারী সিলভার-ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

সিলভার-ক্লোরাইড জলে বা কোন অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু অ্যামোনিয়া বা পটাসিয়াম সায়নাইডের সহিত জটিল লবণে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়।



$$AgCl + 2KCN = KAg(CN)_2 + KCl$$
$$AgCl + 2NH_4OH = Ag(NH_3)_2Cl + 2H_2O$$

সিলভার-ক্লোরাইড আলোতে রাখিলে আস্তে আস্তে বিয়োজিত হইয়া কাল সিলভার ধাতুতে পরিণত হইয়া যায়।

সিলভার-ক্লোরাইড হইতে ধাতব সিলভার প্রস্তুত করিতে নানারকম উপায় অবলম্বন করা হয়। যথা,

(১) সিলভার-ক্লোরাইড ও সোডিয়াম-কার্বনেট মিশ্রিত করিয়া গলাইলে সিলভার ধাতু পাওয়া যায়।



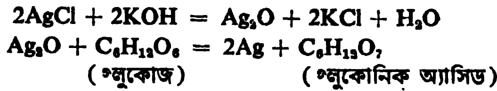
$$4AgCl + 2Na_2CO_3 = 4Ag + 2CO_2 + O_2 + 4NaCl$$

(২) সিলভার-ক্লোরাইডের সহিত জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিড একত্র মিশ্রিত করিলে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা সিলভার-ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ধাতু উৎপাদিত হয়।



$$AgCl + H = Ag + HCl$$

(৩) গাঢ় কস্টিকপটাস দ্রবণ ও গ্লুকোজের সঙ্গে সিলভার-ক্লোরাইড ফুটাইলেও সিলভার পাওয়া যায়।



$$2AgCl + 2KOH = Ag_2O + 2KCl + H_2O$$
$$Ag_2O + C_6H_{12}O_6 = 2Ag + C_6H_{12}O_7$$
(গ্লুকোজ) (গ্লুকোনিক অ্যাসিড)

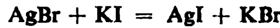
সিলভার ক্লোরাইড পটাসিয়াম আয়োডাইড বা ব্রোমাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং অধিকতর অদ্রাব্য সিলভারের আয়োডাইড বা ব্রোমাইড দেয়।



$$AgCl + KBr = AgBr + KCl \qquad AgCl + KI = AgI + KCl$$

ফটোগ্রাফীতে সিলভার ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়।

**১৩-২১। সিলভার ব্রোমাইড, AgBr।** সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের সঙ্গে কোন দ্রবণীয় ব্রোমাইড, যথা KBr, মিশাইলে ঈষৎ হলুদ সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাও জলে এবং অ্যাসিডে অদ্রাব্য, তবে অ্যামোনিয়াতে দ্রবণীয়, যদিও সিলভার ক্লোরাইড অপেক্ষা দ্রাব্যতা কম। পটাসিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহা সিলভার আয়োডাইডে পরিণত হয়।



$$AgBr + KI = AgI + KBr$$

সিলভার ব্রোমাইড প্রধানতঃ ফটোগ্রাফীর প্লেটেই ব্যবহৃত হয়।

**ফটোগ্রাফী।** সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে কিছু জিলাটিন সহ অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড মিশান হয়। সামান্য আয়োডাইডও দেওয়া হয়। এই মিশ্রণের ফলে একটি সিলভার ব্রোমাইড ইমালসন তৈয়ারী হয়। এই ইমালসনই কাচের, বা সেলুলয়েড ফিল্মের উপর জমাইয়া ফটোগ্রাফীর প্লেট বা ফিল্ম তৈয়ারী হয়। এই অবস্থায় AgBr অত্যন্ত আলোক-প্রতিক্রিয়াশীল (sensitive) এইজন্য উহাকে আলোকের অবর্তমানে রাখা হয়।

এখন এই প্লেট বা ফিল্মকে ক্যামেরাতে রাখিয়া ক্ষণিকের জন্য কোন বস্তুর সামনে উন্মুক্ত করিলে, বস্তু হইতে প্রক্ষিপ্ত বা প্রতিফলিত আলো উহার উপর পড়ে। সেই আলোর তীব্রতা অনুযায়ী সিলভার ব্রোমাইড ধাতুতে বিজারিত হয়।

আলোক-সম্পাতের পর সেই প্লেটকে একটি প্রস্ফুটক দ্রবণে (developing solution) নিমজ্জিত করা হয়। এই প্রস্ফুটক সাধারণতঃ ক্ষীণ-বিজারক, ক্ষারীয় পাইরোগ্যালোল বা কুইনল দ্রবণ। ইহাতে যে সকল স্থানে আলো পড়িয়াছে সেখানকার ব্রোমাইড বিজারিত হইয়া কালো সিলভারে পরিণত হয়। যেখানে বেশী উজ্জ্বল আলো পড়ে সেখানে বেশী কালো হয়, যেখানে আলো পড়ে নাই সেখানটা অবিকৃত থাকে। এইজন্য ইহাকে বলে 'নেগেটিভ'।



$$C_6H_4(OH)_2 + 2AgBr = C_6H_4O_2 + 2HBr + 2Ag$$

ইহার পর প্লেটটিকে সোডিয়ামে থায়োসালফেট বা হাইপোতে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়, তাহাতে সমস্ত অবিকৃত AgBr দ্রবিত হইয়া যায়। পরে জলে প্লেটটি ধুইয়া শুষ্ক করা হয়।



$$AgBr + 2Na_2S_2O_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaBr$$

অতঃপর এই প্লেটকে অনুরূপ AgBr ইমালসনযুক্ত কাগজের উপর রাখিয়া আলোক-সম্পাত করিলে, সেই বস্তুটির প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হয়। এখানেও সেই প্লেটের উপরে যেরূপ বিক্রিয়া হয়, তাহাই হয়। ইহাই ফটোগ্রাফীর মূল কথা।

**১৩-২২। সিলভার আয়োডাইড, AgI।** অন্যান্য হ্যালাইডের মতই ইহা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে কোন দ্রবণীয় আয়োডাইড দ্বারা তৈয়ারী করা হয়।



$$AgNO_3 + KI \rightleftharpoons AgI + KNO_3$$

সিলভার আয়োডাইড ঈষৎ হলুদ রংয়ের পদার্থ। জলে অদ্রাব্য, অ্যামোনিয়াতেও অদ্রাব্য। কিন্তু লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়। সায়নাইড দ্রবণেও ইহা জটিল আয়নে পরিণত হইয়া দ্রবিত হয়।



$$AgI + 2KCN = K[Ag(CN)_2] + KI$$

**১৩-২৩। সিলভার ফ্লুরাইড, AgF।** ধাতব অক্সাইড বা কার্বনেটের সঙ্গে HF-এর বিক্রিয়াতে সিলভার ফ্লুরাইড তৈয়ারী হয়। অন্যান্য হ্যালাইড হইতে ইহা একটু স্বতন্ত্র; ইহা উদ্‌গ্রাহী এবং জলে দ্রবণীয়। ইহা একটি বীজঘ্ন দ্রব্য।

**১৩-২৪। সিলভার-সালফেট, $Ag_2SO_4$।** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও সিলভার চূর্ণ একত্র ফুটাইয়া সিলভার-সালফেট উৎপন্ন করা হয়। সালফার-ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যাওয়ার পর দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিলে স্বচ্ছ বর্ণহীন সিলভার-সালফেট স্ফটিক পাওয়া যায়।



$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

সিলভার-সালফেট জলে অল্প দ্রবণীয়। ইহার ধর্মগুলি সিলভার-নাইট্রেটেরই অনুরূপ। ইহার অ্যালাম করার ক্ষমতা আছে, $Ag_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$।

কোন ব্রোমাইডের দ্রবণের সঙ্গে ঝাঁকাইলে ইহা হইতে AgBr পাওয়া যায়:



$$Ag_2SO_4 + 2NaBr = 2AgBr + Na_2SO_4$$

**১৩-২৫। সিলভার সালফাইড, $Ag_2S$।** সিলভার লবণের আম্লিক দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে কাল অধঃক্ষেপরূপে সিলভার সালফাইড পাওয়া যায়। ইহা সিলভার-লবণগুলির মধ্যে সর্বাধিক অদ্রবণীয়। সায়নাইড দ্রবণে ইহা দ্রবীভূত হয়।



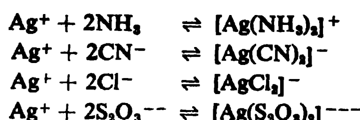
$$Ag_2S + 4NaCN = 2Na[Ag(CN)_2] + Na_2S$$

**১৩-২৬। সিলভার কার্বনেট, $Ag_2CO_3$।** সাধারণ প্রচলিত নিয়মেই সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দিলে সাদা সিলভার কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত জলে লইয়া ফুটাইলে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়, প্রথমে ক্ষারকীয় কার্বনেট দেয় এবং পরে সিলভার অক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তাপ প্রয়োগে সিলভার কার্বনেট বিভাজিত হইয়া ধাতু, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন দেয়।



$$2Ag_2CO_3 = 4Ag + O_2 + 2CO_2$$

**১৩-২৭। সিলভারের জটিল যৌগ।** সিলভারের বিভিন্ন জটিল যৌগের উৎপাদন পর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। উহার জটিল অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন উভয়েই পরিণত হওয়ার ক্ষমতা আছে।



$$Ag^+ + 2NH_3 \rightleftharpoons [Ag(NH_3)_2]^+$$
$$Ag^+ + 2CN^- \rightleftharpoons [Ag(CN)_2]^-$$
$$Ag^+ + 2Cl^- \rightleftharpoons [AgCl_2]^-$$
$$Ag^+ + 2S_2O_3^{--} \rightleftharpoons [Ag(S_2O_3)_2]^{---}$$

**১৩-২৮। সিলভারের উচ্চতর যোজ্যতা।** এপর্যন্ত যত সিলভার যৌগের উল্লেখ করা হইয়াছে উহারা সবই সিলভারের একযোজী যৌগ। যদিও সামান্য, সিলভারের দ্বিযোজী এবং ত্রিযোজী যৌগও জানা আছে।

(ক) ক্ষারীয় মাধ্যমে সিলভার অক্সাইডে পটাসিয়াম পারসালফেট দিলে উহা ধীরে ধীরে কাল আর্জেন্টিক অক্সাইডে ($AgO$) পরিণত হয় (90°C)। ইহা একটি জারক-দ্রব্য, আয়োডিনকে পারআয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

(খ) সিলভার ফ্লুরাইডকে ফ্লুরিন-গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে বাদামী আর্জেন্টিক ফ্লুরাইড কেলাস ($AgF_2$) পাওয়া যায়। ইহারও জারক-গুণ প্রবল।

(গ) 95% পিরিডিন-মিশ্রিত সিলভার-অ্যাসিটেটের সম্পৃক্ত দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে, গাঢ় লাল জটিল পদার্থ, $AgAc_2Py_{2\cdot 7}$, পাওয়া যায়, [$Ac = CH_3COO$, $Py = C_5H_5N$]। এই যৌগ হইতে $AgAc_2I$-যৌগও পাওয়া যায়।

আরও অন্যান্য অনুরূপ যৌগও তৈয়ারী হইয়াছে, যেমন,



$[Ag(Py)_4]S_2O_8$, $[Ag(Py)_4](NO_3)_2$ ইত্যাদি।

সিলভার (III) ত্রিযোজী সিলভারের কয়েকটি স্থায়ী জটিল যৌগও জানা আছে, যেমন, $Na_6H_3[Ag(TeO_6)_2]$, $18H_2O$; $Na_7H_2[Ag(TcO_6)_2]$, $K_6H[Ag(IO_6)_2]$, $10H_2O$, ইত্যাদি।

**সিলভার যৌগের পরীক্ষা।** (১) বিজারণ-শিখায় চারকোল পরীক্ষাতে সিলভার যৌগ হইতে ধাতব সিলভার পাওয়া যায়। (২) সিক্ত পরীক্ষাতে, (ক) সিলভার লবণের আম্লিক দ্রবণে $HCl$-দিলে, সাদা অধঃক্ষেপ ($AgCl$) পড়ে। উহা অ্যামোনিয়াতে দ্রাব্য, কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। (খ) সিলভার লবণের দ্রবণে $K_2CrO_4$ দ্রবণ মিশাইলে ইটের মত লাল রঙের অধঃক্ষেপ পড়ে, এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয়।

সিলভার যৌগে সিলভারের পরিমাণ নির্ণয় করিতে উহাকে $AgCl$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ওজন নির্ণয় করা হয়।

সিলভার লবণের দ্রবণকে অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেটের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করিয়াও উহার পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

## গোল্ড (সোনা)

চিহ্ন Au (Aurum) ক্রমাঙ্ক 79 পাঃ গুরুত্ব 197.00

ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^64d^{10}4f^{14}5s^25p^65d^{10}6s^1$

প্রাগ্-ঐতিহাসিক যুগ হইতেই সোনার ব্যবহার জানা আছে। তখন হইতেই মানুষ ইহাকে মূল্যবান ধাতুহিসাবে পরিগণিত করিয়া আসিতেছে। প্রকৃতিতে সোনা অধিকাংশই মুক্তাবস্থায় থাকে। কোয়ার্জের শিরাতে এবং আয়রন পাইরাইটিস জাতীয় সালফাইড শিলার মধ্যে এই সোনা রহিয়াছে। জলবায়ুর আক্রমণে ঐ সকল শিলা হইতে যে পাললিক বালু ও নুড়ির সৃষ্টি হইয়াছে, বর্তমানে তাহাতেও ছোট ছোট স্বর্ণকণা পাওয়া যায়।

ঐসকল উৎসকে বলে অরিফেরাস (auriferous) শিলা। ইহাছাড়া, ক্যালভেরাইট (calaverite) $AuTe_2$, সিলভেনাইট (sylvenite) $(Ag,Au)Te_2$ প্রভৃতি খনিজে কিছু সোনা টেলুরাইড যৌগাবস্থায় আছে।

সোনার অধিকাংশই আসে দক্ষিণ আফ্রিকার ট্রান্সভাল অঞ্চল হইতে। তাহাছাড়া, উত্তর আমেরিকা, অস্ট্রেলিয়া, রাশিয়া প্রভৃতি দেশেও স্বর্ণখনি আছে। ভারতবর্ষের মহীশূরের কোলার স্বর্ণখনি হইতেও কিছু সোনা পাওয়া যায়।

**সোনা প্রস্তুতি।** নিষ্কাশন প্রক্রিয়া আকরিকের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। নিম্নলিখিত চারপ্রকারে নিষ্কাশন করা যাইতে পারে।

(১) **ধৌত প্রক্রিয়া।** পাললিক নুড়ি-বালু বা কোয়ার্জশিলা হইতে সোনা নিষ্কাশনে এই প্রক্রিয়া কার্যকরী হইতে পারে। আকরিককে চূর্ণ করিয়া লৌহপাত্রে রাখিয়া জলদ্বারা আলোড়িত করা হয়। ইহাতে হাল্কা বালুকণা ধৌত হইয়া যায় এবং সোনার কণাগুলি ভারী বলিয়া লৌহ-পাত্রের নীচে পড়িয়া থাকে।

(২) **পারদ-সংকর প্রক্রিয়া।** অরিফেরাস কোয়ার্জ ও শিলা হইতে এই প্রক্রিয়াদ্বারা সোনা সংগ্রহ করা যাইতে পারে। আকরিককে প্রথমে উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া জলের সহিত পাতলা মণ্ড (pulp) প্রস্তুত করা হয়। ইহাকে কপার পাতে আবৃত একটি ঢালু টেবিলের উপর দিয়া জলের ধারায় সঙ্গে প্রবাহিত করা হয়। এই কপার পাতের উপরে পারদের প্রলেপ থাকে। যাহা হউক, ঐ বিচূর্ণ আকরিক প্রবাহিত হওয়ার সময় উহার সোনাটুকু পারদ-সংকর গঠন করে এবং টেবিলের উপরেই থাকিয়া যায়। এখন এই সংকরটিকে লৌহ-নির্মিত পাতন-কূপীতে লইয়া পাতিত করা হয়। পারদ উদ্বায়িত হইয়া গেলে কূপীতে সোনা পড়িয়া থাকে। এইভাবে 55% সোনা সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

(৩) **ক্লোরিনেশন প্রক্রিয়া।** অরিফেরাস পাইরাইটিস হইতে সোনা নিষ্কাশনের জন্য এই পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়। প্রথমে আকরিককে তাপ-জারিত করা হয়; যখন সালফার, আর্সেনিক ইত্যাদি তাহাদের অক্সাইডরূপে উবিয়া যায়; ইহাছাড়া অন্যান্য ধাতুগুলিও তাহাদের অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। ইহার পর পদার্থগুলিকে একটি বদ্ধ কাঠের পাত্রে লইয়া জল ও ক্লোরিন গ্যাসদ্বারা বিক্রিয়া করানো হয়। এই অবস্থায় সোনা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া অরিক ক্লোরাইড গঠন করে।



$$2Au + 3Cl_2 = 2AuCl_3$$

অরিক ক্লোরাইডকে তখন জলদ্বারা প্রক্ষালিত করিয়া দ্রবিত করা হয় এবং এই দ্রবণকে ফেরাস সালফেট দ্রবণদ্বারা বিজারিত করিলে ধাতব সোনা অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে সংগ্রহ করিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়।



$$AuCl_3 + 3FeSO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3 + Au\downarrow$$

টেলুরাইড খনিজ হইলে ক্লোরিনের পরিবর্তে সায়ানোজেন ব্রোমাইড (CNBr) ব্যবহার করিতে হয়।

(৪) **সায়ানাইড প্রক্রিয়া।** এই পদ্ধতিতে সোনা কোনও আকরিক হইতে সোজাসুজি উদ্ধার করা যায়, বিশেষতঃ উপরে বর্ণিত প্রক্রিয়াসমূহের অবশেষ (tailings) হইতে

সম্পূর্ণরূপে নিষ্কাশন করা সম্ভব। বিচূর্ণ আকরিক অথবা অবশেষকে একটি ট্যাঙ্কে লইয়া 0.25% পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণদ্বারা অপক্ষালন করা হয়। চুনদ্বারা দ্রবণটি ক্ষারীয় করা থাকে; এখন ইহাতে বায়ুপ্রবাহ পাঠানো হয়। সোনা, সায়ানাইডের সঙ্গে জটিল-যৌগ গঠন করে ও দ্রবীভূত হইয়া যায়।



$$4Au + 8KCN + 2H_2O + O_2 = 4K[Au(CN)_2] + 4KOH.$$

আকরিকে যে সকল কপার, আয়রণ, আর্সেনিক, অ্যান্টিমণির সালফাইড থাকে তাহারা যাহাতে দ্রবীভূত না হইয়া যায়, সেইজন্য চুন মিশান প্রয়োজন। তাহাছাড়া, যে সমস্ত পদার্থ বিক্রিয়া করে না তাহারাও দ্রুত থিতাইতে পারে। যাহাহউক, সোনা দ্রবীভূত হইয়া গেলে দ্রবণটিকে পরিস্রাবিত করা হয় এবং উহাকে জিংকদ্বারা বিজারিত করিয়া সোনাটুকু অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।



$$2K[Au(CN)_2] + Zn = K_2[Zn(CN)_4] + 2Au.$$

এখন এই সোনাকে ধুইয়া, শুকাইয়া লওয়া হয়। উহার সঙ্গে যে জিংক থাকে তাহা লঘু $H_2SO_4$-দ্বারা দ্রবিত করিয়া অপসারণ করা হয়। যে অবশেষ থাকে তাহাকে $Na_2CO_3$ ও চারকোলসহ গলানো হয় ও তাপজারিত করিয়া লওয়া হয়। এইভাবে প্রাপ্ত সোনা 90—95% বিশুদ্ধ।

**সোনার বিশুদ্ধিকরণ।** তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াদ্বারা সোনাকে সর্বাপেক্ষা সুন্দরভাবে বিশুদ্ধ করা যাইতে পারে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করা হয় 5% হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে 4% অরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ। অ্যানোড হিসাবে উপরোক্ত অবিশুদ্ধ স্বর্ণখণ্ড ব্যবহার করা হয়। আর বিশুদ্ধ সোনার পাত ক্যাথোডের কাজ করে। তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে বিশুদ্ধ সোনা ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। সিলভার ও অন্যান্য মালিন্য ক্লোরাইড হিসাবে অ্যানোডের কাছে সঞ্চিত হয়; উহাকে মাঝে মাঝে সরাইয়া লওয়া হয়। এইভাবে উৎপন্ন সোনা খুবই বিশুদ্ধ।

**সোনার বিশুদ্ধিতা।** ইহা সাধারণতঃ 'ক্যারেট' (carats) হিসাবে প্রকাশ করা হয়। বিশুদ্ধ সোনা হইল 24 ক্যারেট। এইভাবে '18 ক্যারেট সোনা' বলিতে আমরা বুঝি 24 ভাগ ওজনের সোনার মধ্যে 18 ভাগ বিশুদ্ধ সোনা আছে।

**সোনার ধর্ম।** সোনা উজ্জ্বল হলুদ রং-এর দ্যুতিসম্পন্ন ধাতু। ইহা নমনীয়, ইহার ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতাও যথেষ্ট। তাই ইহাকে পিটাইয়া খুব সরু পাতে পরিণত করা যায়। ইহা তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী। ইহার গলনাঙ্ক 1064°C; স্ফুটনাঙ্ক 2610°C; আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.3।

সোনা একটি বরধাতু। ইহা বাতাস, ক্ষার বা একক অ্যাসিডের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। সোনাকে দ্রবীভূত করিবার একমাত্র দ্রাবক হইল 'অম্লরাজ' (aqua regia)। ইহা সোনা দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রো-অরিক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করিয়া থাকে।



$$HNO_3 + 3HCl \rightarrow 2H_2O + NOCl + 2Cl$$



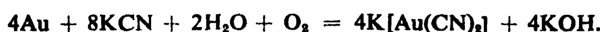
$$Au + HCl + 3Cl \rightarrow H[AuCl_4].$$

ক্লোরিনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে উহা অরিক ক্লোরাইড গঠন করে।



$$2Au + 3Cl_2 \rightarrow 2AuCl_3,$$

অক্সিজেনের উপস্থিতিতে KCN-দ্রবণ ধাতব সোনার সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষারীয় অরোসায়ানাইড গঠন করে।



$$4Au + 8KCN + 2H_2O + O_2 = 4K[Au(CN)_2] + 4KOH.$$

**কলয়ডীয় সোনা।** সোনার যৌগসমূহের দ্রবণকে ফসফরাস, ফর্ম্যালডিহাইড ইত্যাদি বিজারক দ্রব্য দ্বারা বিক্রিয়া করাইলে উজ্জল রং-এর কলয়ডীয় দ্রবণ প্রস্তুত হয়। সোনার কলয়ডীয় দ্রবণের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হইল 'পার্পল অব্ ক্যাসিয়াস' (purple of Cassius)। ইহা $AuCl_3$-এর জলীয় দ্রবণকে $SnCl_2$ দ্বারা বিজারিত করিয়া প্রস্তুত করা হয়। বস্তুতঃ স্ট্যানিক অক্সাইডের উপরে কলয়ডীয় গোল্ড অধিশোষিত থাকে।

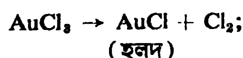
**সোনার ব্যবহার:** (1) স্বর্ণমুদ্রা প্রস্তুতিতে, (2) সম্পদরূপে ও অলংকারাদি নির্মাণ করিতে, (3) অবরধাতুর উপর তড়িৎ-প্রলেপনের কাজে, (4) কখনও কখনও কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে সোনা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহাছাড়া, Purple of Cassius রং-যুক্ত কাঁচ ও পোর্সেলীন নির্মাণে ব্যবহার করা হয়।

## সোনার যৌগসমূহ

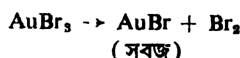
অরাস ($Au^+$) ও অরিক ($Au^{3+}$)-এই দুই প্রকার যোজ্যতার সোনার যৌগ আছে।

অরাস যৌগসমূহ—**অরাস অক্সাইড, $Au_2O$ ও অরাস হাইড্রোক্সাইড, $AuOH$:** অরাস অথবা সালফিউরাস অ্যাসিডযুক্ত অরিক-ক্লোরাইডের উপর লঘু ক্ষারের বিক্রিয়ায় বেগুনী রং-এর অরাস হাইড্রোক্সাইড পাউডার পাওয়া যায়। এই যৌগকে $P_2O_5$-এর উপর শুষ্ক করিলে ও 200°C-এ উত্তপ্ত করিলেই ধূসর বেগুনী রং-এর অরাস অক্সাইডের পাউডার উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ, অরাস অক্সাইডকে সূক্ষ্ম সোনাচূরের সঙ্গে অরিক-অক্সা-ইডের ($Au_2O_3$) মিশ্রণ বলিয়া মনে করা হয়।

**অরাস ক্লোরাইড, AuCl ও অরাস ব্রোমাইড, AuBr:** অরিক ক্লোরাইডকে 180°C উষ্ণতায় ও অরিক ব্রোমাইডকে 115°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে অরাস-ক্লোরাইড ও -ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

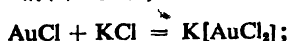


$$AuCl_3 \rightarrow AuCl + Cl_2;$$ (হলুদ)

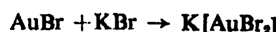


$$AuBr_3 \rightarrow AuBr + Br_2$$ (সবুজ)

উহারা ক্ষার ধাতুর ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড লবণের সহিত বিক্রিয়ায় জটিল-যৌগ গঠন করিয়া থাকে। যেমন,



$$AuCl + KCl \rightleftharpoons K[AuCl_2];$$



$$AuBr + KBr \rightarrow K[AuBr_2]$$

**অরাস আয়োডাইড, AuI**-এর প্রস্তুতি অপেক্ষাকৃত সহজ উপায়ে হইতে পারে। অরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করিলে কিউপ্রাস আয়োডাইডের মত অরাস আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

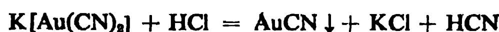


$$AuCl_3 + 3KI = AuI + I_2 + 3KCl.$$

**অরাস সালফাইড, $Au_2S$।** পটাসিয়াম অরোসায়ানাইডের দ্রবণে $H_2S$ পাঠাইয়া সংপৃক্ত করিয়া HCl যোগ করিলে ঘোর বাদামী রং-এর $Au_2S$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা

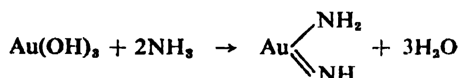
জলে ও লঘু অ্যাসিডে অদ্রাব্য, কিন্তু অম্লরাজ, পটাসিয়াম সায়ানাইডের দ্রবণ ও অধিক-মাত্রায় সোডিয়াম সালফাইডের দ্রবণে দ্রাব্য।

**অরাস সায়ানাইড,** AuCN। পটাসিয়াম অরোসায়ানাইডে অ্যাসিড যোগ করিয়া গরম (90°C) করিলেই জটিল-যৌগটি ভাঙিয়া AuCN অধঃক্ষিপ্ত হয়।



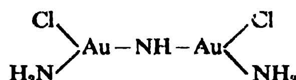
$$K[Au(CN)_2] + HCl = AuCN\downarrow + KCl + HCN$$

অরিক যৌগসমূহ—**অরিক অক্সাইড,** $Au_2O_3$ ও **অরিক হাইড্রক্সাইড,** $Au(OH)_3$ : অরিক ক্লোরাইড দ্রবণে কস্টিক পটাস যোগ করিলে হলুদাভ বাদামী রং-এর $Au(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা উভধর্মী (amphoteric), তবে অরিক হাইড্রক্সাইডের উপর অ্যামোনিয়া যোগ করিলে সবুজ জলপাই রং-বিশিষ্ট পাউডার পাওয়া যায়। উহাকে **ফুলমিনেটিং গোল্ড** (fulminating gold) নামে অভিহিত করা হইয়াছে। ইহার সংকেত হইল, $HN{=}Au{-}NH_2, \frac{3}{2} H_2O$



$$Au(OH)_3 + 2NH_3 \rightarrow Au\begin{matrix}\diagup NH_2 \\ \diagdown\!\diagdown NH\end{matrix} + 3H_2O$$

গোল্ড ক্লোরাইড দ্রবণ হইতেও অ্যামোনিয়াদ্বারা ইহাকে অধঃক্ষিপ্ত করা যাইবে। তখন ইহা ক্লোরিনযুক্ত হয়,



$$\begin{matrix}Cl \diagdown \\ H_2N \diagup\end{matrix} Au-NH-Au \begin{matrix}\diagup Cl \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

Fulminating Gold-কে উত্তাপ দিলে বা শুষ্ক অবস্থায় উহার বিস্ফোরণ ঘটে।

অরিক হাইড্রক্সাইডকে $P_2O_5$-এর উপস্থিতিতে শুষ্ক করিলে অরিক অ্যাসিড, AuOOH উৎপন্ন হয়। উহাকে সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করিলেই অরিক অক্সাইড $Au_2O_3$ পাওয়া যায়।

**অরিক ক্লোরাইড,** $AuCl_3$ ও **অরিক ব্রোমাইড,** $AuBr_3$। ইহাদিগকে একইভাবে প্রস্তুত করা হয়। যেমন, অনার্দ্র অরিক ক্লোরাইড পাইতে হইলে সূক্ষ্ম স্বর্ণচূরের সঙ্গে ক্লোরিনের সরাসরি বিক্রিয়া (200°C) করানো হয়। আর সোদক অরিক-ক্লোরাইড ($AuCl_3 . 2H_2O$) প্রস্তুত করিতে হইলে সোনাকে অম্লরাজে দ্রবীভূত করিয়া উহাকে বাষ্পীভূত করিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। তখন $H[AuCl_4], 4H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়। ইহার পর 120°C-এ উত্তপ্ত করিলেই উহা $AuCl_3 . 2H_2O$-এর কেলাসে পরিবর্তিত হইয়া যায়।



$$2Au + 3Cl_2 = 2AuCl_3; \quad AuCl_3 + HCl = H[AuCl_4]$$



$$H[AuCl_4], 4H_2O = AuCl_3.2H_2O + HCl + 2H_2O$$

অরিক ক্লোরাইডকে 175°C-এ উত্তপ্ত করিলে অরাস ক্লোরাইড দেয়। আরও বেশী উত্তপ্ত করিলে উহা ধাতব সোনা দেয়।



$$AuCl_3 = AuCl + Cl_2; \quad 2AuCl = 2Au + Cl_2$$

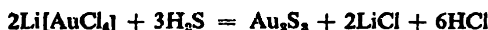
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় $AuCl_3$ ক্লোরোঅরিক অ্যাসিড, $H[AuCl_4]$ উৎপন্ন করে। আর KCN-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম অরিসায়ানাইড গঠন করে।



$$4KCN + AuCl_3 = K[Au(CN)_4] + 3KCl$$

**অরিক আয়োডাইড, $AuI_3$।** কিউপ্রিক আয়োডাইডের মত একটি অস্থায়ী যৌগ।

**অরিক সালফাইড, $Au_2S_3$।** ইহা অনিয়তাকার কালো রং-এর পাউডার। লিথিয়াম ক্লোরোঅরিয়েট-এর উপর $-10°C$-এ $H_2S$ পাঠাইয়া ইহা উৎপন্ন করা হয়।



$$2Li[AuCl_4] + 3H_2S = Au_2S_3 + 2LiCl + 6HCl$$

**সোনার পরীক্ষা।** সোনার একটি সুন্দর পরীক্ষা হইল—সোনার লবণের ফুটন্ত দ্রবণকে অল্পমাত্রায় ঘন $SnCl_2$-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করাইলে অধঃক্ষিপ্ত স্ট্যানাস হাইড্রোক্সাইড সামান্যমাত্র সোনার উপস্থিতিতেই বেগুনী আভাযুক্ত রং ধারণ করে। (ইহা purple of Cassius গঠনের জন্য হইয়া থাকে)।

দ্রবণে সোনার মাত্রা নিরূপণ করিতে হইলে—ঐ দ্রবণকে ধাতব সোনায় বিজারিত করা হয়। এখন উহাকে পোড়াইয়া ধুইয়া পরে শুকাইয়া ওজন করা হয়।

## অনুশীলনী

১। নিম্নোক্ত ধাতু-নিষ্কাশনে কি পদ্ধতির উপর নির্ভর করে, তাহা সমীকরণসহ আলোচনা কর। (ক) সালফাইড আকরিক হইতে কপার নিষ্কাশন (খ) সিলভার-যুক্ত সীসা হইতে সিলভার উদ্ধার।

২। কপার, সিলভার ও গোল্ড এবং উহাদের যৌগসমূহের ধর্ম ও গুণাগুণের একটি তুলনামূলক প্রবন্ধ লিখ।

৩। ক্ষার-ধাতুর সঙ্গে একই শ্রেণীতে মুদ্রাধাতুকে স্থান দেওয়ার যুক্তি কি? ক্ষারধাতু এবং মুদ্রাধাতুর ধর্মের সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য বর্ণনা কর।
[কলিকাতা বিশ্বঃ ও বর্ধমান বিশ্বঃ]

৪। প্রকৃতিতে গোল্ড কিরূপে পাওয়া যায়? প্রাকৃতিক উৎস হইতে ঐ ধাতুটিকে কি ভাবে সংগ্রহ করা হয়? 'Purple of Cassius' কি? [কলিকাতা বিশ্বঃ]

৫। আর্জেন্টিফেরাস লেড হইতে সিলভার কি ভাবে পাওয়া যায়? নিম্নোক্ত বিষয়গুলি সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ।
(ক) সিলভার প্রলেপন (খ) ফটোগ্রাফীতে সিলভারের ব্যবহার (গ) সিলভারের fineness?

৬। নিম্নশ্রেণীর সালফাইড আকরিক হইতে ও সালফাইড-ভিন্ন অন্যান্য আকরিক হইতে কপার উৎপাদনের পদ্ধতি কি?
কপার হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিরূপে পাইবে: (ক) কিউপ্রাস অক্সাইড (খ) কিউপ্রিক ক্লোরাইড (গ) কপার থায়োসায়ানেট (ঘ) কিউপ্রাস আয়োডাইড।

৭। কপার-উপশ্রেণীর মৌলগুলির জটিল-যৌগ সম্পর্কে একটি রচনা লেখ। এই মৌলগুলির জটিল-আয়ন গঠন করার প্রবণতার হেতু কি?

৮। সিলভারের প্রধান আকরিক কি কি? সায়নাইড পদ্ধতিতে উহার নিষ্কাশন বর্ণনা কর। [দিল্লী, সগর, লখনউ বিশ্ব:]

৯। কপারের একযোজী প্রধান যৌগগুলির প্রস্তুতকরণ ও ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা কর। [গৌহাটি বিশ্ব:]

১০। পাইরাইটিস হইতে বিশুদ্ধ কপার কি ভাবে পাওয়া যায়? কপার ধাতুর কয়েকটি প্রধান ব্যবহার উল্লেখ কর। [নাগপুর, দিল্লী, কলিকাতা বিশ্ব:]

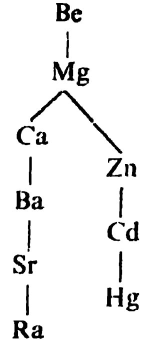
১১। আকরিক হইতে গোল্ড কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয়? ঐসকল পদ্ধতিতে যে বিক্রিয়া হয় সেইগুলির ব্যাখ্যা কর। গোল্ড ক্লোরাইড কি ভাবে তৈয়ারী করা হয় এবং উহার কি ব্যবহার? [পাঞ্জাব, দিল্লী, এলাহাবাদ, আগ্রা বিশ্ব:]

১২। কপার সালফেট প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি কি? উহার কি ব্যবহার? কপার সালফেট দ্রবণের সঙ্গে নিম্নোক্ত দ্রবণগুলির কিরূপ বিক্রিয়া ঘটে?
(ক) অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া (খ) পটাস আয়োডাইড দ্রবণ (গ) $SO_2$-এর সান্নিধ্যে পটাসিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ।
(খ)--বিক্রিয়ার বিশেষ কি প্রয়োগ আছে?

# দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌলসমূহ ঃ IIA-উপশ্রেণী

## মৃৎক্ষার-ধাতু

**১৪-১।** শ্রেণীগত বৈশিষ্ট। মোট নয়টি মৌল লইয়া দ্বিতীয় শ্রেণী গঠিত। মৌলগুলি সবই ধাতু এবং পরাবিদ্যুৎগুণসম্পন্ন। যথারীতি এই নয়টি মৌল আবার দুই উপশ্রেণীতে (A ও B) বিভক্ত। যদিও সবগুলিই ধাতু এবং প্রধানতঃ দ্বিযোজী, তবুও দুই উপশ্রেণীর মধ্যে যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য আছে।




উপশ্রেণী A-তে আছে, বেরিলিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম ও রেডিয়াম। আর উপশ্রেণী B-তে, জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম ও মারকারি। উহাদের পারমাণবিক গঠন নিম্নরূপ:

| মৌল (ক্রমাঙ্ক) | ইলেকট্রন স্তর | ইলেকট্রন বিন্যাস | ব্যাসার্ধ A° পারমাণবিক | ব্যাসার্ধ A° আয়নিক. |
|---|---|---|---|---|
| Be (4) | 2, 2 | $1s^2 2s^2$ বা $[He]2s^2$ | 0.89 | 0.31 |
| Mg (12) | 2, 8, 2 | $[Ne]3s^2$ | 1.36 | 0.65 |
| Ca (20) | 2, 8, 8, 2 | $[Ar]4s^2$ | 1.74 | 0.99 |
| Sr (38) | 2, 8, 18, 8, 2 | $[Kr]5s^2$ | 1.91 | 1.13 |
| Ba (56) | 2, 8, 18, 18, 8, 2 | $[Xe]6s^2$ | 1.98 | 1.33 |
| Ra (88) | 2, 8, 18, 32, 18, 8, 2 | $[Rn]7s^2$ | — | — |
| Zn (30) | 2, 8, 18, 2 | $[Ar]3d^{10}4s^2$ | 1.25 | 0.74 |
| Cd (48) | 2, 8, 18, 18, 2 | $[Kr]4d^{10}5s^2$ | 1.10 | 0.97 |
| Hg (80) | 2, 8, 18, 32, 18, 2 | $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$ | 1.44 | 1.41 |

(১) ইলেকট্রন-বিন্যাস লক্ষ্য করিলে দেখা যায়, প্রত্যেক মৌলের পরমাণুরই সর্ববহিস্থ স্তরে $s^2$-অনুস্তরে পূর্ণ এবং দুইটি ইলেকট্রন আছে। এইজন্য সমস্ত মৌলই দ্বিযোজী যৌগ গঠন করে এবং আয়নীয় যৌগ গঠনে সক্ষম।

(২) যদিও সব মৌলই ধাতব, কিন্তু বিদ্যুৎধনাত্মকতা দুই উপশ্রেণীতে সমান নয়। A-উপশ্রেণীর ধাতুগুলি অধিক পরাবিদ্যুৎধর্মী এবং বেরিয়াম সর্বাধিক পরাধর্মী। B-উপশ্রেণীর ধাতুগুলির পরাধর্মিতা অপেক্ষাকৃত কম এবং মারকারির পরাধর্মিতা সর্বনিম্ন। উহাদের পরাধর্মিতার ক্রমান্বয়ে দেখা যায়, Ba > Sr > Ca > Mg > Be > Zn > Cd > Hg।

(৩) বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম শ্রেণীর প্রথম দুইটি মৌল এবং উহারা এই শ্রেণীর 'আদর্শ মৌল' বলিয়া পরিগণিত। যদিও এই দুইটি মৌলকে A-উপশ্রেণীর অন্তর্গত

ধরা হয়, কিন্তু উহাদের মধ্যে উভয় উপশ্রেণীর লক্ষণ বর্তমান। যেমন, ম্যাগনেসিয়াম ও A-উপশ্রেণীর ক্যালসিয়াম উভয়েই একই রকমের বাই-কার্বনেট সৃষ্টি করে, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$। ক্যাডমিয়াম বা মারকারির উহা নাই। পক্ষান্তরে, B-উপশ্রেণীর জিঙ্ক ও ম্যাগনেসিয়াম একই রকম সমাকৃতিক সালফেট দেয়, $ZnSO_4, 7H_2O$; $MgSO_4, 7H_2O$।

(৪) A-উপশ্রেণীর অক্সাইড তীব্র ক্ষারকীয় কিন্তু কম পরাধর্মিতার জন্য B-উপশ্রেণীর অক্সাইড অত ক্ষারকীয় নয়, বরং সামান্য আম্লিক গুণও দেখা যায়। HgO ব্যতীত অন্য অক্সাইডগুলি সবই উষ্ণসহ (refractory)।

(৫) ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম ধাতুর হাইড্রাইড এবং কার্বাইড পাওয়া যায়, কিন্তু B-উপশ্রেণীর ধাতু-ত্রয়ের ঐসকল যৌগ নাই।

(৬) A-উপশ্রেণীর সালফেটগুলির জলে দ্রাব্যতা কম (যথা, $BaSO_4$, $SrSO_4$ জলে অদ্রাব্য বলা যায়), কিন্তু Mg, Be ও B-উপশ্রেণীর সালফেট জলে দ্রবণীয়। ফ্লুরাইড লবণেরও একই ব্যবহার দেখা যায়।

(৭) জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম, মারকারি হইল সন্ধিগত মৌল, সুতরাং উহারা জটিল-যৌগ সৃষ্টি করে, অপর ধাতুগুলির সে রকম লক্ষণ প্রায় নাই। Be এবং Mg-এর খানিকটা এরূপ ক্ষমতা আছে।

(৮) B-উপশ্রেণীর মৌলগুলি এবং বেরিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামকে জৈব-ধাতব (organo-metallic) যৌগ গঠন করিতে দেখা যায়। অপর ধাতুর উহা হয় না।

কিন্তু দুইটি উপশ্রেণীতে নিজেদের মধ্যে মৌলগুলির ধর্মের যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে।

**১৪-২। দ্বিতীয় শ্রেণীর A-উপশ্রেণীর মৌলের তুলনা (Group IIA)।** তাপপ্রয়োগে যে সকল পদার্থের কোন পরিবর্তন দেখা যাইত না, তাহাদের এক সময়ে মাটির সঙ্গে তুলনা করা হইত। চুন (CaO), ম্যাগনেসিয়া (MgO) ইহাদের ঐরূপ লক্ষণ ছিল এবং উহাদের ক্ষারগুণ ছিল বলিয়া মৃৎক্ষার (alkaline earth) বলা হইত। পরে একই রকমের ব্যবহার বলিয়া আরও দুইটি উহাদের সঙ্গে যুক্ত হইল—স্ট্রনসিয়া (SrO) এবং ব্যারাইটা (BaO)। ডেভিই প্রথমে ইহাদের ধাতুগুলিকে আবিষ্কার করেন এবং প্রমাণ করেন, চুন ইত্যাদি ধাতব অক্সাইড। ঐ অক্সাইডগুলির নাম হইল মৃৎক্ষার এবং ধাতুগুলি [Mg, Ca, Sr, Ba] 'মৃৎক্ষার ধাতু'।

(খ) এই উপশ্রেণীর Mg, Ca, Sr, Ba—এই চারিটি মৌলের মধ্যে যথেষ্ট মিল আছে। ভূপৃষ্ঠে উহাদের পরিমাণও অপেক্ষাকৃত বেশী। রেডিয়ামের খানিকটা স্বাতন্ত্র্য দেখা যায়, বিশেষতঃ উহা তেজস্ক্রিয়। বেরিলিয়ামের অনেকটা মিল দেখা গেলেও মৃৎক্ষার-ধাতুর সঙ্গে খানিকটা বৈষম্য দেখা যায়। উহার আয়ন খুবই ছোট, সুতরাং উহার যৌগগুলির ধর্ম অনেক সময় ভিন্ন ধরনের। উহার সঙ্গে B-উপশ্রেণীর মৌলদের সঙ্গে এবং পরবর্তী শ্রেণীর অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে অনেক মিল দেখা যায়।

(গ) এই ধাতুগুলির পরমাণুর গঠন-বিন্যাস ইত্যাদি পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। উহাদের আরও কয়েকটি ভৌতধর্ম, যেমন, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব ইত্যাদি এখানে দেওয়া হইল।

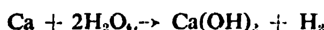
**মৃৎক্ষার ধাতুর উপশ্রেণী**

| মৌল | ভূপৃষ্ঠে পরিমাণ (প্রতি লক্ষ ভাগে) | ঘনত্ব (20°C) g/c.c. | গলনাঙ্ক °C | স্ফুটনাঙ্ক °C | আয়ন-বিভব (ev) |
|---|---|---|---|---|---|
| Be | 0.6 | 1.8 | 1280 | 2477 | 9.3 |
| Mg | 2090 | 1.75 | 651 | 1107 | 7.6 |
| Ca | 3630 | 1.55 | 851 | 1487 | 6.1 |
| Sr | 30 | 2.6 | 800 | 1366 | 5.7 |
| Ba | 25 | 3.59 | 850 | 1537 | 5.2 |
| Ra | $1.3 \times 10^{-7}$ | 5.0 | 960 | 1140 | 5.3 |

দেখা যাইতেছে, ম্যাগনেসিয়াম হইতে ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে বিভিন্ন ধর্মগুলি বিশেষতঃ আয়ন-বিভব, ঘনত্ব ইত্যাদি ক্রমপর্যায়ে বাড়িতেছে। অতি ক্ষুদ্র আয়তন হেতু বেরিলিয়ামের ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম ঘটে।

(ঘ) প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে ($s^2$) দুইটি ইলেকট্রন। সুতরাং উহারা দৃঢ় দ্বিযোজী যৌগগঠনে পারঙ্গম এবং ঐ যৌগগুলি আয়নীয় হইয়া থাকে। এই একই কারণে, ধাতুগুলিকে অক্সিজেনে পোড়াইলে সহজেই MO-জাতীয় অক্সাইড সৃষ্টি হয়। ভিতরের ইলেকট্রন-স্তর সম্পৃক্ত সুতরাং উচ্চতর যোজ্যতা প্রদর্শনের সুযোগ নাই। কেবল বেরিলিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের ক্ষেত্রে জটিল-যৌগ কখনও কখনও দেখা যায়।

(ঙ) সমস্ত ধাতুগুলিই ঈষৎ ধূসর-সাদা রংয়ের। Ca, Ba, Sr ঠাণ্ডা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া (ক্ষারধাতুর মত) হাইড্রোজেন দেয়। তীব্রতা অবশ্য ক্ষারধাতু অপেক্ষা কম। ম্যাগনেসিয়াম ফুটন্ত জলের সঙ্গে ক্রিয়া করে, বেরিলিয়ামের জলের সঙ্গে বিক্রিয়া প্রায় নাই বলিলেই চলে।



$$Ca + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2$$

এই ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি জলে দ্রাব্য। হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা এবং ক্ষারকত্ব Mg হইতে Ba পর্যন্ত পর্যায়ক্রমে বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ, ধাতুগুলির ধাতবগুণ সেইভাবে বৃদ্ধি পায়। $Be(OH)_2$-এর ক্ষারগুণ এবং অম্লগুণ দুইই আছে—ইহা উভধর্মী (B-উপশ্রেণীর $Zn(OH)_2$-এর অনুরূপ)।

(চ) ক্রমাঙ্কের সঙ্গে এই ধাতবগুণের বৃদ্ধি উহাদের সালফেট, নাইট্রেট কার্বনেট প্রভৃতি লবণের ব্যবহার হইতেও সমর্থিত। Mg হইতে Ba পর্যন্ত ঐসকল লবণের স্থায়িত্ব ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। কার্বনেটগুলির বিভাজন-উষ্ণতা (decomp. temp.) হইতে ইহা স্পষ্ট বুঝা যায়। বিভাজন-উষ্ণতা ঃ

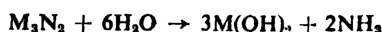
| $BeCO_3$ | $MgCO_3$ | $CaCO_3$ | $SrCO_3$ | $BaCO_3$ |
|---|---|---|---|---|
| <100 | 540 | 900 | 1290 | 1360 |

সালফেট লবণগুলির দ্রাব্যতা ক্রমাঙ্ক বাড়িবার সঙ্গে ক্রমান্বয়ে কমিতে থাকে।

(ছ) বেরিলিয়াম ব্যতিরেকে অন্যান্য ধাতুগুলি সরাসরি হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত

হইয়া $MH_2$-জাতীয় হাইড্রাইড দেয়। উহারা বিজারকরূপে ব্যবহার করে এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে $H_2$ দেয়।

উহাদের নাইট্রাইড-গুলির সংকেত, $M_3N_2$। ইহারা অপেক্ষাকৃত স্থায়ী যৌগ। জলের সঙ্গে ফুটাইলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় ;



$$M_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 3M(OH)_2 + 2NH_3$$

উহাদের ক্লোরাইডগুলি জলে দ্রবণীয় এবং স্ফটিকাকারে কেলাস-জল সংবদ্ধ—



$$CaCl_2, 6H_2O; \quad MgCl_2, 6H_2O; \quad BaCl_2, 2H_2O$$

(ঙ) পূর্বেই বলা হইয়াছে, Be এবং Mg জটিল-যৌগ গঠন করে। ফ্লুয়োবেরিলেট, $K_2[BeF_4]$ এবং ক্লোরোফিল উহার উদাহরণ।

**১৪-৩। দ্বিতীয় শ্রেণীর B-শাখার মৌলের (Zn, Cd, Hg) তুলনা।** B-উপশ্রেণীর তিনটি মৌলের (Zn, Cd, Hg) পরস্পরের মধ্যে সাদৃশ্য যথেষ্ট। উহাদের ভৌতধর্মগুলিও ক্রমাঙ্ক-বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমান্বয়ে বাড়িতে বা কমিতে থাকে। যথা,

| মৌল | ঘনত্ব (20°C) | গলনাঙ্ক (°C) | স্ফুটনাঙ্ক (°C) | আয়ন-বিভব (ev) |
|---|---|---|---|---|
| Zn (30) | 7.14 | 419.4 | 907 | 9.39 |
| Cd (48) | 8.64 | 320.9 | 767 | 8.99 |
| Hg (80) | 13.56 | −38.9 | 357 | 10.434 |

(খ) সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়াম কঠিনাকার কিন্তু পারদ তরল। পূর্বেই দেখা গিয়াছে, প্রত্যেকের পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে দুইটি $s^2$-ইলেকট্রন আছে এবং তার পূর্ববর্তী d-অনুস্তরও ইলেকট্রন-পূর্ণ। সুতরাং প্রত্যেকেরই যোজ্যতা দুই এবং অধিকতর যোজ্যতা প্রদর্শনের কোন সুযোগ নাই। যদিও মারকিউরাস লবণ আছে, কিন্তু উহাতে $[-Hg-Hg-]^{+2}$ আয়ন থাকে।

(গ) উহাদের সাধারণ লবণগুলি আয়নীয় বটে তবে হ্যালাইড লবণগুলিতে সমযোজ্যতা পরিলক্ষিত হয় এবং ইহা মারকারির ক্ষেত্রেই বেশী যথা, $Hg_2Cl_2$। তিনটি মৌলই সন্ধিগত-মৌলবর্গের অন্তর্গত এবং শেষ সীমায়। যদিও একাধিক যোজ্যতা দেখা যায় না এবং অধিকাংশ লবণই সাদা, কিন্তু উহাদের জটিল-আয়ন সৃষ্টির প্রবণতা আছে, যাহা A-উপশ্রেণীর মৃৎক্ষারধাতুতে প্রায় নাই।

(ঘ) রাসায়নিক সক্রিয়তা জিঙ্ক হইতে ক্রমান্বয়ে মারকারি পর্যন্ত কমিতে থাকে ঃ $Zn > Cd > Hg$। জলের সঙ্গে Cd অথবা Hg বিক্রিয়া করে না, কিন্তু সিক্তবাতাসে জিঙ্কের উপর একটা পাত্‌লা $Zn(OH)_2$-এর প্রলেপ পড়ে। জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়াম HCl-এ দ্রব হয় এবং হাইড্রোজেন দেয়। কিন্তু মারকারি $HNO_3$-এ দ্রব হয়। অক্সাইডসমূহের সংকেত, MO। ZnO উভধর্মী, কিন্তু CdO এবং HgO অবশ্যই ক্ষারকীয়। মৌলের পরাধর্মিতা Zn হইতে Hg পর্যন্ত বাড়িয়া যায়, বস্তুতঃ মারকারি একটি বরধাতু। ZnO এবং CdO ঊর্ধ্বপাতিত হয়, কিন্তু HgO উত্তাপে ভাঙ্গিয়া যায়।

(ঙ) তিনটি মৌলের সালফাইডই জলে অদ্রাব্য এবং সহজেই অধঃক্ষিপ্ত হয়। ZnS লঘু-HCl-এ দ্রব হয়, CdS গাঢ় HCl-এ এবং HgS অম্লরাজে (aqua regia) দ্রব হয়। $ZnSO_4$ এবং $CdSO_4$ জলে দ্রাব্য, কিন্তু $HgSO_4$-এর দ্রাব্যতা খুবই কম। জিঙ্ক-লবণ জলীয় দ্রবণে $[Zn(H_2O)_4]^{++}$ রূপে থাকে। $Cd^{++}$-আয়নেও জল যুক্ত থাকে কিন্তু মারকারিতে থাকে না। মৌলগুলির ফ্লুরাইড লবণ জলে দ্রবণীয় (তুলনা : মৃৎক্ষার ধাতুর ফ্লুরাইড)।

(চ) প্রত্যেকটি মৌলেরই জটিল যৌগ হয়। বিশেষতঃ $CN^-$, $NH_3$, $Cl^-$, $I^-$ প্রভৃতি লিগাণ্ডের সঙ্গে জড়িত বহু জটিল-আয়ন আছে ; যথা, $K_2[Cd(CN)_4]$, $Na_2[CdI_4]$, $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$, $[Hg(NH_3)_2]NO_3$, $K_2[HgI_4]$ ইত্যাদি। সচরাচর উহাদের সবর্গাঙ্ক চার, কৃচিৎ কখনও ছয় হইতে পারে, যথা, $[Zn(ethylene\ diamine)_3]^{++}$। মারকারির সবর্গাঙ্ক দুইও হয়, যেমন, $[Hg(NH_3)_2]^{++}$

অতএব, এই তিনটি মৌলের একই উপশ্রেণীতে স্থান পাওয়া অবশ্যই যুক্তিসঙ্গত।

## বেরিলিয়াম (Beryllium)

চিহ্ন Be পা: গুরুত্ব 9.013, ক্রমাঙ্ক 4, ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2 2s^2$

ভূপৃষ্ঠে বেরিলিয়ামের পরিমাণ বেশী না হইলেও উহা নানা খনিজে ছড়াইয়া আছে, তাহাদের মধ্যে প্রধান বেরিল, $3BeO;\ Al_2O_3,\ 6SiO_2$। কখনও কখনও বেরিল স্বচ্ছ সবুজ স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়, এমারেল্ড এবং অ্যাকোয়া-মেরিন নামে রত্নহিসাবে উহারা মূল্যবান। ইউরোপ, কানাডা, দক্ষিণ আমেরিকাতে প্রচুর বেরিল আছে। ভারতবর্ষেও অভ্র এবং গ্রানাইট পাথরের সঙ্গে বিহার, রাজপুতানা এবং তামিলনাদ অঞ্চলে বেরিল পাওয়া যায়।

বেরিলিয়ামের অন্যান্য খনিজের মধ্যে উল্লেখযোগ্য ; (ক) ফেনাসাইট (phenacite), $Be_2SiO_4$, (খ) ক্রাইসোবেরিল (chrysoberyl), BeO, $Al_2O_3$, ইত্যাদি।

**১৪-৪। বেরিলিয়াম প্রস্তুতি।** বেরিলিয়াম সর্বদাই বেরিল আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়। উহাকে প্রথমে বেরিলিয়াতে (BeO) পরিণত করা হয় এবং তৎপর কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতু উৎপাদন করা হয়।



$$3BeO,\ Al_2O_3,\ 6SiO_2 \longrightarrow BeO \xrightarrow{C} Be$$

বেরিল হইতে বেরিলিয়া তৈয়ারী করার নানা উপায় আছে। বর্তমানে অধিক প্রচলিত "সিলিকোফ্লুরাইড" পদ্ধতিটিই সুবিধাজনক। বিচূর্ণ আকরিকের সঙ্গে উহার দ্বিগুণ পরিমাণ সোডিয়াম সিলিকোফ্লুরাইড মিশাইয়া উচ্চতাপে বিগলিত করিলে (850°C) ক্রাইয়োলাইট এবং সোডিয়াম ফ্লুয়োবেরিলেট পাওয়া যায়।

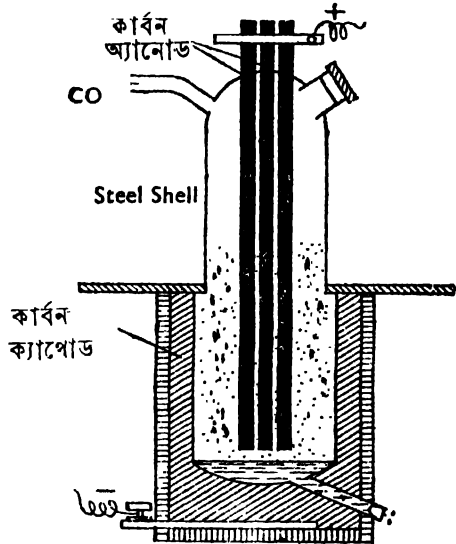


$$3BeO,\ Al_2O_3,\ 6SiO_2 + 6Na_2SiF_6 = 3Na_2BeF_4 + 2Na_3AlF_6 + 3SiF_4 + 9SiO_2$$

ঠাণ্ডা করিয়া মিশ্রণটিকে গরম জলে পুনঃপুনঃ অপক্ষালিত (leach) করিলে, ফ্লুয়োবেরিলেট দ্রবিত হইয়া অন্যান্য পদার্থ হইতে পৃথক হয়। পরিস্রাবিত দ্রবণে NaOH

দিলে সাদা $Be(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তাপে উহা হইতে BeO পাওয়া যাইবে। এই BeO-এর সঙ্গে কিছু কিছু $Al_2O_3$, CaO এবং $Fe_2O_3$ ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। ইহাকে 450°C-এ কার্বনিল ক্লোরাইড প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে, আয়রণ ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উবিয়া যায়, এবং ভারী $CaCl_2$ নীচে থিতাইয়া পরে। জলদ্বারা ধৌত করিলে বিশুদ্ধতর BeO পাওয়া সম্ভব।

এই BeO-কে উচ্চতাপমাত্রায় কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতব বেরিলিয়াম প্রস্তুত করা হয়। প্রক্রিয়াটি একটি বিদ্যুৎ-চুল্লীতে করা হয়। চুল্লীর নীচের খর্পরাকৃতি অংশ খুব পুরু গ্র্যাফাইট কার্বনের তৈয়ারী এবং উহার অভ্যন্তরের গায়ে পাতলা ইস্পাতের চাদর থাকে। উপরের অংশও স্টিলের তৈয়ারী। এই চুল্লীতে BeO এবং কোকের মিশ্রণ লওয়া হয় এবং উহাতে উপর হইতে গ্র্যাফাইট ইলেকট্রোড ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। (চিত্র ১৪-ক)। নীচের কার্বনের খর্পরটি অপর ইলেকট্রোডের কাজ করে। বিদ্যুৎ-ক্ষরণ দ্বারা প্রথমে মিশ্রণটি গালান হয় এবং পরে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। উপজাত CO উপরের দিকে বাহির হইয়া যায়। বিগলিত বেরিলিয়াম ধাতু নীচে আসিয়া জমে এবং একটি নির্গম-দ্বার দিয়া উহাকে বাহিরে আনা হয়।



চিত্র ১৪-ক। বেরিলিয়াম প্রস্তুতি


$$BeO + C = Be + CO$$

যে বেরিলিয়াম এইভাবে সংগৃহীত হয় তাহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। অনুপ্রেষ-পাতন করিয়া উহাকে অনেক সময় বিশুদ্ধ (99.5%) করা হয়। কখনও বা $BeCl_2$, NaCl এবং সামান্য $CaCl_2$-এর গলিত মিশ্রণকে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়াও (750°C) বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া সম্ভব।

**বেরিলিয়ামের ধর্ম।** বেরিলিয়াম একটি বেশ শক্ত রূপার মত সাদা চকচকে ধাতু। আগুণের সংস্পর্শে আসিলে উহা উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। জলের সঙ্গে বেরিলিয়ামের কোন বিক্রিয়া হয় না। HCl এবং $H_2SO_4$ অ্যাসিডে বেরিলিয়াম দ্রব হয়, কিন্তু $HNO_3$-তে দ্রব হয় না, সম্ভবতঃ লোহার মত নিষ্ক্রিয় (passive) হইয়া পড়ে। বেরিলিয়াম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না বটে, কিন্তু উত্তপ্ত অবস্থায় উহা নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সালফার, হ্যালোজেন, ফসফরাস ইত্যাদির সঙ্গে যুক্ত হয় এবং উপযুক্ত যৌগসমূহ সৃষ্টি করে।

তীব্র ক্ষারকে (যেমন, NaOH) বেরিলিয়াম দ্রব হয় এবং অ্যালুমিনিয়ামের মত ব্যবহার করে ও বেরিলেট লবণ দেয়।



$$Be + 2NaOH = Na_2BeO_2 + H_2$$

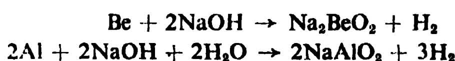
**বেরিলিয়ামের ব্যবহার।** (১) বেরিলিয়ামের নানা প্রকার সঙ্কর, যেমন, Be-Cu, আজকাল বহুল ব্যবহৃত। বেরিলিয়ামের সঙ্গে মিশ্রণের ফলে ধাতুর কঠোরতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়, সেইজন্য উহার এত আদর। Be-Cu (2.5% Be) ইস্পাতের মত শক্ত এবং চৌম্বক-উদাসীন। নানারকম ইঞ্জিনে, বিশেষতঃ উড়োজাহাজের মোটরে এইসব সঙ্কর ব্যবহৃত হয়। ফেরো-বেরিলিয়ামও যথেষ্ট ব্যবহার হয়। এইসব সঙ্কর উচ্চ-উষ্ণতাতেও স্ফুলিঙ্গ (spark) দেয় না বলিয়া ব্যবহারের পক্ষে সুবিধা হয়।

(২) রঞ্জনরশ্মির টিউবের জানালায় বেরিলিয়াম প্রয়োজন হয় কারণ উহার ভিতর দিয়া ঐ রশ্মি চলাচল করিতে পারে। (৩) নিয়ন-বাতির ইলেকট্রোড প্রস্তুতিতেও বেরিলিয়াম প্রয়োজন হয়। (৪) পারমাণবিক-রিঅ্যাক্টরে দ্রুত নিউট্রনের গতি সংযত করার জন্য উহা ব্যবহৃত হয়।

**১৪-৫। বেরিলিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম।** বেরিলিয়ামের সঙ্গে উহার পরবর্তী তৃতীয় শ্রেণীর ঠিক নিম্নবর্তী পর্যায়ের অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে অনেকটা ধর্মগত সাদৃশ্য রহিয়াছে। এইরূপ 'কর্ণ-সম্পর্ক' (Diagonal relation) আমরা পূর্বে লিথিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের মধ্যেও দেখিয়াছি।

বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের সাদৃশ্যের সমর্থনে বলা যায়:

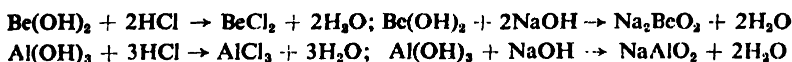
(ক) উভয় ধাতুই তীব্র ক্ষারক-দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একই রকম লবণ উৎপাদন করে।



$$Be + 2NaOH \rightarrow Na_2BeO_2 + H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$$

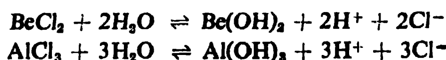
এই লবণদ্বয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া নিজ নিজ হাইড্রক্সাইড দেয়।

(খ) উভয়ের হাইড্রক্সাইডই এক রকম ব্যবহার করে, উহারা উভধর্মী (amphoteric)।



$$Be(OH)_2 + 2HCl \rightarrow BeCl_2 + 2H_2O;\ Be(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2BeO_2 + 2H_2O$$
$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O;\ Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$$

(গ) উভয়ের ক্লোরাইডই সমযোজী যৌগ, উদ্বায়ী এবং বাতাসে ধূমায়িত হইতে থাকে। আর্দ্র-বিশ্লেষণ হেতু উহাদের জলীয় দ্রবণ অম্লাত্মক।



$$BeCl_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Be(OH)_2 + 2H^+ + 2Cl^-$$
$$AlCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3 + 3H^+ + 3Cl^-$$

**১৪-৬। বেরিলিয়ামের যৌগ।** বেরিলিয়ামের কয়েকটি বিশেষ যৌগের পরিচয় এখানে সন্নিবিষ্ট হইল।

***বেরিলিয়াম অক্সাইড, BeO।*** *ধাতুটিকে অক্সিজেনে দহন করিয়া অথবা উচ্চ উষ্ণতায়*

উহার কার্বনেট কিংবা নাইট্রেট লবণের বিভাজন করিয়া বেরিলিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়:



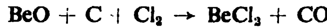
$$2Be + O_2 \rightarrow 2BeO \qquad BeCO_3 \rightarrow BeO + CO_2$$

সাদা স্ফটিকাকার এই দ্রব্যটি জলে দ্রবীভূত হয় না। ইহা যথেষ্ট অগ্নিসহ এবং কঠোর, কাচের উপর দাগ কাটিতে পারে। উভধর্মী হওয়ার জন্য অম্ল এবং ক্ষারক উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

কাচ-শিল্পে, গ্যাস-বাতির জালক প্রস্তুতিতে (gas mantle) এবং শক্ত খর্পর তৈয়ারী করিতে BeO প্রয়োজন হয়।

**বেরিলিয়াম হাইড্রক্সাইড,** $Be(OH)_2$, অ্যালুমিনিয়ামের হাইড্রক্সাইডের মত ইহাকেও বেরিলিয়াম লবণের দ্রবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার ক্রিয়ার ফলে পাওয়া যায়। ইহাও উভধর্মী। অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণে $Be(OH)_2$ সহজেই দ্রব হয় এবং সেই দ্রবণ ফুটাইলে ক্ষারকীয় বেরিলিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

**বেরিলিয়াম ক্লোরাইড,** $BeCl_2$। ধাতু কিংবা উহার অক্সাইডের উপর HCl-এর বিক্রিয়াতে $BeCl_2$ উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র-$BeCl_2$ পাইতে হইলে বেরিলিয়াম এবং কার্বনের মিশ্রণকে ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করিতে হয়:

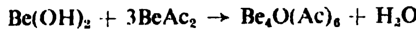


$$BeO + C + Cl_2 \rightarrow BeCl_2 + CO$$

এই সাদা স্ফটিকাকৃতি পদার্থটি উদ্বায়ী, আর্দ্র-বাতাসে ধূমায়িত হয়। কারণ জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহা হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। জৈবদ্রাবক যেমন, ক্লোরোফর্ম, বেনজিন ইত্যাদিতে ইহা দ্রব হয়।

**বেরিলিয়াম নাইট্রেট,** $Be(NO_3)_2, 3H_2O$। বেরিলিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে পাওয়া যায়। ইহাও গ্যাস-বাতির জালকে যথেষ্ট ব্যবহৃত হইতেছে।

**বেরিলিয়াম অ্যাসিটেট,** $Be_4O(CH_3COO)_6$। বেরিলিয়াম হাইড্রক্সাইডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। সেই দ্রবণকে ঘনীভূত করিয়া শুষ্ক করিলে এই লবণটি পাওয়া যায়। ইহা একটি সমযোজী উদ্বায়ী পদার্থ এবং জৈবদ্রাবকে দ্রবণীয়।



$$Be(OH)_2 + 3BeAc_2 \rightarrow Be_4O(Ac)_6 + H_2O$$

ইহার সংযুতি-সংকেত বিশেষ তাৎপর্যপূর্ণ।

## ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)

চিহ্ন Mg ক্রমাঙ্ক 12 পা: গুরুত্ব 24.32, ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

মৌলাবস্থায় ম্যাগনেসিয়াম না পাওয়া গেলেও উহার নানা রকমের যৌগ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। স্টাসফার্টের লবণস্তূপে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট পাওয়া যায় বটে, কিন্তু অধিকাংশ ম্যাগনেসিয়ামই খনিজ পাথরে থাকে। নিম্নলিখিত যৌগ-গুলিই প্রধানতঃ উল্লেখযোগ্য:

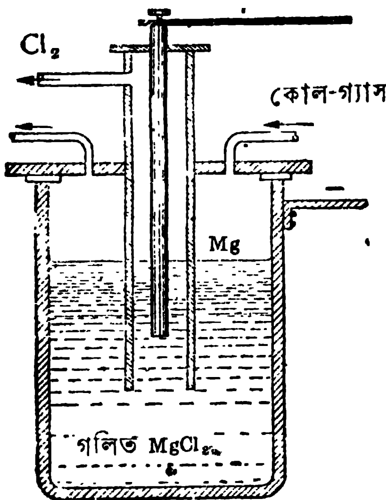
(১) কার্বনেট, যেমন: (ক) ম্যাগনেসাইট (magnesite), $MgCO_3$
(খ) ডলোমাইট (dolomite), $MgCO_3, CaCO_3$

(২) ক্লোরাইড, যেমন: কার্নালাইট (carnallite), $MgCl_2$, KCl, $6H_2O$
(৩) সালফেট, যেমন: (ক) কাইসেরাইট (kieserite), $MgSO_4$, $H_2O$
(খ) ক্যানাইট (kaenite), KCl, $MgSO_4$, $3H_2O$
(৪) সিলিকেট, যথা: (ক) অলিভাইন (olivine), $Mg_2(Fe)SiO_4$
(খ) টাল্ক (talc), $Mg_3H_2(SiO_3)_4$
(গ) অ্যাসবেসটোস (asbestos), $Mg_3Ca(SiO_3)_4$

উদ্ভিদের সবুজ অংশে যে ক্লোরোফিল থাকে উহাও ম্যাগনেসিয়ামের যৌগ।

**১৪-৭। ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুতি।** (১) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াদ্বারা:** সাধারণতঃ অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বা কার্নালাইটকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত করার রীতিই প্রচলিত।

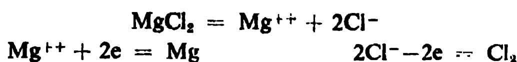
স্টীলের তৈয়ারী ছোট ছোট চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাঙ্কের ভিতর অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড লইয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ সাহায্যে উহাকে উত্তপ্ত করা হয় এবং প্রায় 800°C উষ্ণতায় গলাইয়া রাখা হয় (উহার গলনাঙ্ক, 750°C)। ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$, $6H_2O$) সোদক স্ফটিক; কিন্তু গলানোর পূর্বে বিশেষ প্রণালীতে উহাকে অনার্দ্র করিয়া লওয়া প্রয়োজন। অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে কার্নালাইটও ব্যবহার করা যায়।




চিত্র ১৪-খ। ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুতি

ট্যাঙ্কটির মধ্যস্থলে উপর হইতে একটি গ্র্যাফাইটের অ্যানোড দণ্ড ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। গ্র্যাফাইট দণ্ডটিকে ঘিরিয়া একটি প্রশস্ত পর্সেলীনের নল রাখা হয়। অ্যানোড ও উহার কঞ্চুক পর্সেলীনের নলটি গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে আংশিক নিমজ্জিত থাকে। লোহার ট্যাঙ্কটিকে সোজাসুজি ব্যাটারীর অপর প্রান্তে যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়, সুতরাং উহাই ক্যাথোড। তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া যায়। অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় এবং পর্সেলীনের নলের ভিতর দিয়া উঠিয়া একটি নির্গম-পথে বাহির হইয়া যায়। ট্যাঙ্কের ভিতর ম্যাগনেসিয়াম উৎপন্ন হয় এবং অধিক উষ্ণতা হেতু গলিত অবস্থায় থাকে। তরল ম্যাগনেসিয়াম গলিত কার্নালাইট বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ভাসিয়া ওঠে।

সম্পূর্ণ ট্যাঙ্কটি অবশ্য একটি ঢাকনিদ্বারা আবৃত থাকে এবং সর্বদা ট্যাঙ্কের ভিতরে তরল পদার্থের উপরে কোল-গ্যাস প্রবাহিত করা হয়, যাহাতে ভিতরে কোন বাতাস না থাকে। তাহা না হইলে, তরল ম্যাগনেসিয়াম বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই জ্বলিয়া উঠিবে এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হইয়া যাইবে (চিত্র ১৪-খ)।



$$MgCl_2 = Mg^{++} + 2Cl^-$$
$$Mg^{++} + 2e = Mg \qquad 2Cl^- - 2e = Cl_2$$

যথেষ্ট তরল ম্যাগনেসিয়াম জমা হইলে উহাকে বাহির করিয়া ঢালাই করা হয়।

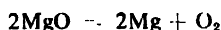
(২) **তড়িৎ-তাপন পদ্ধতি** (electrothermal process)। প্রকৃতিলব্ধ ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট পোড়াইয়া যে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায় উহাকে উচ্চ-উষ্ণতায় কোক-দ্বারা বিজারিত করিয়াও ম্যাগনেসিয়াম প্রস্তুত করা হয়।



$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2; \qquad MgO + C \rightarrow Mg + CO$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সহিত বিচূর্ণ কোক উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। কোন তেল বা পিচের সহিত মিশাইয়া এই মিশ্রণটিকে ছোট ছোট ইষ্টকাকারে পরিণত করা হয়। একটি তড়িৎ-চুল্লীতে রাখিয়া ঐ ইষ্টকসমূহ প্রায় 2000°C-এ তাপিত করা হয়। ইহার ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বিজারিত হইয়া যায়। উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ও কার্বন মনোক্সাইড বাষ্পাকারে তড়িৎ-চুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসে (ম্যাগনেসিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক, 1100°C)। শীতল পাত্রে ঘনীভূত করিয়া কঠিন ম্যাগনেসিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

(৩) ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে গলিত বেরিয়াম ফ্লুরাইডে দ্রবীভূত করিয়া 850°C-এ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলেও ক্যাথোডে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।



$$2MgO = 2Mg + O_2$$

(৪) **সমুদ্র-জল হইতে**। সমুদ্র-জলে প্রায় 0.14% ম্যাগনেসিয়াম আছে। আমেরিকাতে আজকাল সমুদ্রজলের ম্যাগনেসিয়াম লবণ উদ্ধার করিয়া উহা হইতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হইতেছে। সমুদ্রের জল উন্মুক্ত রাখিয়া দিলে যখন খানিকটা বাষ্প চলিয়া যায়, তখন গাঢ় লবণোদক পাওয়া যায়। উহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন ভাল করিয়া মিশাইলে $Mg(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়।



$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + CaCl_2$$

এই অধঃক্ষেপটিকে 10% HCl অ্যাসিড দ্বারা দ্রবীভূত করা হয়। উহার সঙ্গে সামান্য লঘু $H_2SO_4$-ও দেওয়া হয়, যাহাতে কোন ক্যালসিয়াম থাকিলে উহা অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। পরিস্রুত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণটি গাঢ় করিয়া উহার সোদক স্ফটিক পাওয়া যায়। এই কঠিন $MgCl_2, 6H_2O$-কে আংশিক অনার্দ্র করিয়া গলিত NaCl-এর সঙ্গে মিশাইয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। পূর্বোক্ত পদ্ধতির মতোই ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

**ম্যাগনেসিয়ামের ধর্ম**। উজ্জ্বল সাদা রংয়ের ম্যাগনেসিয়াম ধাতু অপেক্ষাকৃত নরম; উহার প্রসার্যতা ও ঘাতসহতা উল্লেখযোগ্য।

বাতাস বা অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সাইডে পরিণত হয়; $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$

ফুটন্ত জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতেও অক্সাইড পাওয়া যায়; $Mg + H_2O = MgO + H_2$

ক্ষারকে ম্যাগনেসিয়ামের কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু বিভিন্ন লঘু অ্যাসিড হইতে উহা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে ;



$$Mg + 2HCl \rightleftharpoons MgCl_2 + H_2; \quad Mg + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + H_2$$

উচ্চ উষ্ণতায় ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড ($Mg_3N_2$) দেয়, উহা আবার জলে ফুটাইলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



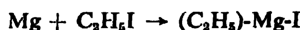
$$3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2; \quad Mg_3N_2 + 3H_2O \rightarrow 3MgO + 2NH_3$$

শ্বেততপ্ত ম্যাগনেসিয়াম $CO_2$, NO, প্রভৃতি গ্যাসকে বিভাজিত করিয়া বিজারকের ন্যায় আচরণ করে ;



$$2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C; \quad 2Mg + 2NO \rightarrow 2MgO + N_2$$

কোন কোন ধাতব-জৈব-যৌগেও ম্যাগনেসিয়াম অংশ লয়। জৈব রসায়নে ম্যাগনেসিয়াম-অ্যালকিল হ্যালাইড ( গ্রিগনার্ড বিকারক ) এক মূল্যবান বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয় ;



$$Mg + C_2H_5I \rightarrow (C_2H_5)\text{-}Mg\text{-}I$$

গাছের পাতায় যে সবুজ ক্লোরোফিল থাকে, উহাও একটি ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত জৈব-যৌগ : ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)

**ম্যাগনেসিয়ামের ব্যবহার।** সাঙ্কেতিক আলোক এবং ফটোগ্রাফীর আলোক-উৎপাদনে ম্যাগনেসিয়াম জ্বালান হয়। বাজী-প্রস্তুতিতে এবং নানা রকম অগ্নুৎপাদক বোমা তৈয়ারী করার জন্যও ম্যাগনেসিয়াম-চূর্ণ ব্যবহার করা হয়। কোন কোন ধাতুনিষ্কাশনের সময় শেষ অক্সিজেনটুকু দূর করিতে ম্যাগনেসিয়াম ব্যবহার করা হয়। ম্যাগনেসিয়ামের বিভিন্ন ধাতব সঙ্কর বেশ হালকা অথচ দৃঢ়, সেইজন্য উড়োজাহাজের খোলে, অনেক মোটর-ইঞ্জিনের পিস্টনে, অন্যান্য যন্ত্রপাতির অংশে, তৌলদণ্ডে এইসকল সঙ্করধাতু ব্যবহার হয়। যেমন,

(ক) ম্যাগনেলিয়াম (Magnelium), Al = 98%, Mg = 2%
(খ) ইলেকট্রন (Elektron), Mg = 95%, Zn = 4.5%, Cu = 0.5%

## ম্যাগনেসিয়ামের যৌগ

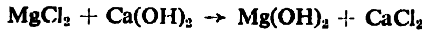
**১৪-৮। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, MgO।** উত্তাপের সাহায্যে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট বিযোজিত করিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সর্বদা প্রস্তুত করা হয়।



$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সাদা বিচূর্ণ অবস্থায় থাকে। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুব কম। অক্সাইডটি ক্ষারকীয় এবং অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ উৎপাদন করে। অতিরিক্ত উষ্ণতা ছাড়া ইহা গলে না বলিয়া অগ্নিসহ ইষ্টক প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-চুল্লীর অভ্যন্তরে আবরক হিসাবে ইহা ব্যবহার করা হয়। ঔষধ হিসাবেও কিছু ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

**ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড,** $Mg(OH)_2$ পাইতে হইলে $MgCl_2$-দ্রবণে NaOH বা $Ca(OH)_2$ মিশাইয়া উহাকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়;



$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2 + CaCl_2$$

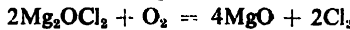
**১৪-৯। ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, $MgCl_2$।** ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াশেষে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের যে দ্রবণ পাওয়া যায় উহা গাঢ় করিয়া শীতল করিলে ছয়টি জলের অণু সহ ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের সোদক স্ফটিক কেলাসিত হয়, $MgCl_2, 6H_2O$।



$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$

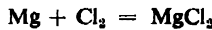
সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে ধীরে ধীরে তাপিত করিলে উহার জল আংশিক উদ্বায়িত হয় বটে, কিন্তু সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র হয় না। অতিরিক্ত উত্তাপে সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সিক্লোরাইডে পরিণত হইয়া যায় এবং পরে বাতাসের সাহায্যে অক্সাইডে পরিণত হয়।





$$2[MgCl_2, 6H_2O] = Mg_2OCl_2 + 11H_2O + 2HCl$$
$$2Mg_2OCl_2 + O_2 = 4MgO + 2Cl_2$$

অতএব সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র লবণ প্রস্তুত সম্ভব নয়। ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সহিত ক্লোরিন গ্যাসের ক্রিয়ার ফলে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যাইতে পারে:



$$Mg + Cl_2 = MgCl_2$$

অপর একটি পদ্ধতিতেও অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত প্রথমে আণবিক অনুপাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। মিশ্র দ্রবণটি গাঢ়তর করিলে উহা হইতে $NH_4Cl, MgCl_2, 6H_2O$—এই দ্বিধাতুক লবণটি (double salt) কেলাসিত হয়। এই দ্বিধাতুক লবণ উত্তপ্ত করিলে প্রথমে উহার জল সম্পূর্ণ উবিয়া যায় এবং তৎপর উহা হইতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডও উদ্বায়িত হইয়া যায়, কেবল অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অবশেষ থাকে।

**সোরেল সিমেন্ট** (Sorel cement), ($MgCl_2+MgO$) নামক বিশেষ রকমের সিমেন্ট প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। এই সিমেন্ট কাচ, পর্সেলীন প্রভৃতি জোড়া দিতে, এবং দন্ত চিকিৎসাতে প্রয়োজন হয়। কোন কোন বিশেষ প্রয়োজনে ব্যবহৃত সূত্যা প্রস্তুত করিতে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

**১৪-১০। ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, $MgSO_4$।** ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে ম্যাগনেসিয়াম সালফেট পাওয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম সালফেট জলীয় দ্রবণে থাকে। কেলাসিত করিলে 7টি জলের অণু সহ উহা স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়, $MgSO_4, 7H_2O$।

সাধারণতঃ এই সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটকে 'এপসাম লবণ' (Epsom salt) বলা হয়।

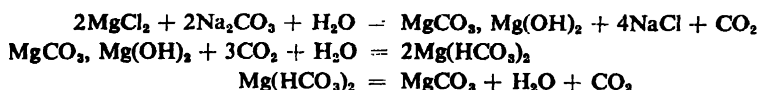
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট স্বচ্ছ বর্ণহীন স্ফটিকরূপে থাকে। উত্তাপে প্রয়োগে 150°C তাপমাত্রায় উহার ছয়টি জলের অণু উবিয়া যায় এবং 200°C-এ উহা সম্পূর্ণ অনার্দ্র হইয়া পড়ে।



$$MgSO_4, 7H_2O \xrightarrow{150^\circ C} MgSO_4, H_2O \xrightarrow{200^\circ C} MgSO_4$$

ক্ষারধাতুর সালফেটের সঙ্গে উহা যুগ্মলবণ উৎপন্ন করে, $K_2SO_4, MgSO_4, 6H_2O$। সাবান এবং রংয়ের প্রস্তুতিতে $MgSO_4$ ব্যবহৃত হয়। তুলা এবং সুতার ব্যবসায়ে ইহার প্রয়োজন হয়। ঔষধ হিসাবেও কিছু $MgSO_4$ ব্যবহার হয়।

**১৪-১১। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট, $MgCO_3$।** প্রকৃতিতে ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) এবং ডলোমাইট ($MgCO_3, CaCO_3$) রূপে ইহা পাওয়া যায়। ল্যাবরেটরীতে $MgCl_2$-দ্রবণে $Na_2CO_3$ মিশাইলে, সাদা ক্ষারকীয় কার্বনেট পাওয়া যায়। $MgCO_3, Mg(OH)_2$। ইহাকে জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়াই অতিরিক্ত $CO_2$-গ্যাস উহাতে পরিচালনা করিলে ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। ঐ দ্রবণ ফুটাইলে সাদা $MgCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2MgCl_2 + 2Na_2CO_3 + H_2O = MgCO_3, Mg(OH)_2 + 4NaCl + CO_2$$
$$MgCO_3, Mg(OH)_2 + 3CO_2 + H_2O = 2Mg(HCO_3)_2$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

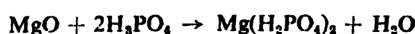
উত্তাপে এই লবণ বিয়োজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে বিভিন্ন লবণ পাওয়া যায়।

ঔষধ হিসাবে, দাঁতের মাজনে, প্রসাধনের পাউডারে, ছাপাখানার কালিতে এই লবণের চাহিদা আছে।

**১৪-১২। ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট,** ম্যাগনেসিয়ামের বিভিন্ন ফসফেট আছে। জন্তুর হাড়ে এবং অনেক শস্যবীজে ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট, $Mg_3(PO_4)_2$ থাকে।

এপসাম লবণের নাতিগাঢ় দ্রবণেয দি সামান্য $NaHCO_3$ এবং পরিমিত ওজনের $Na_2HPO_4$ মিশান হয় তবে $Mg_3(PO_4)_2$ পাওয়া যায়। কিন্তু সাধারণভাবে ম্যাগনেসিয়াম লবণের দ্রবণে $Na_2HPO_4$ মিশ্রিত করিলে $MgHPO_4$, ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট হয় এবং ধীরে ধীরে $MgHPO_4, 3H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড এবং গাঢ় ফসফরিক অ্যাসিড একত্র উত্তপ্ত করিলে আম্লিক ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট, $Mg(H_2PO_4)_2, 2H_2O$ পাওয়া যায়।



$$MgO + 2H_3PO_4 \rightarrow Mg(H_2PO_4)_2 + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে কোন ম্যাগনেসিয়াম লবণের দ্রবণের সঙ্গে $Na_2HPO_4$ মিশাইলে, ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেট $Mg(NH_4)PO_4$,

$6H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয়। বস্তুতঃ এই বিক্রিয়ার সাহায্যে ম্যাগনেসিয়ামের অস্তিত্ব জানা যায়।

এই লবণটিকে লোহিত-তপ্ত করিলে, উহা বিয়োজিত হইয়া পাইরোফসফেটে ($Mg_2P_2O_7$) পরিণত হয়।



$$2Mg(NH_4)PO_4 \rightarrow Mg_2P_2O_7 + H_2O + 2NH_3$$

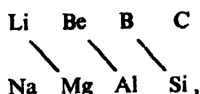
**১৪-১৩। ম্যাগনেসিয়াম পারক্লোরেট, $Mg(ClO_4)_2$।** পারক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট বা হাইড্রক্সাইড সহযোগে এই লবণটি তৈয়ারী করা হয়। ইহার উদ্‌গ্রহণ শক্তি খুব বেশী। অ্যানহাইড্রোন (anhydronc) নামে ইহা একটি উৎকৃষ্ট নিরূদককরূপে ব্যবহৃত হয়। জল শুষিয়া যখন উহা সম্পৃক্ত হয়, তখন উহাকে 250°C-এ উত্তপ্ত করিলে উহা আবার পূর্বের অনার্দ্র অবস্থায় ফিরিয়া আসে।

**১৪-১৪। লিথিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের তুলনা।** কর্ণ-সম্বন্ধ (diagonal relations)। পর্যায় সারণীর একটি বৈশিষ্টের কথা এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন। আয়নিত হওয়ার জন্য পরমাণু হইতে যখন ইলেকট্রন (গুলি) পৃথক হইয়া যায় কেন্দ্রের পরা-আধান অবশিষ্ট ইলেকনগুলিকে আরও জোরে আকর্ষণ করে এবং আয়নটি সঙ্কুচিত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়। অন্যান্য সংশ্লিষ্ট পরমাণু বা আয়নের উপর এই আয়নের ধ্রুবন-ক্ষমতা (polarising power), নির্ভর করে ইহার আধান এবং আয়তনের উপর।

$$\text{আয়নের ধ্রুবন-ক্ষমতা} = \left(\frac{\text{আয়নের আধান}}{\text{আয়নের ব্যাসার্ধ}^2}\right) = \frac{n\epsilon}{r^2}$$

পর্যায়-সারণীর কোন পর্যায়ে যদি বাঁ দিক হইতে ডানদিকে যাওয়া যায়, তাহা হইলে মৌলগুলির আধান বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং আয়তন কমে, সুতরাং আয়নের ধ্রুবন-ক্ষমতা বাড়িতে থাকে। আবার, কোন শ্রেণীতে যদি উপর হইতে নীচে যাওয়া যায় তবে আয়নের আধান বাড়ে না কিন্তু আয়তন বৃদ্ধি পায় সুতরাং ধ্রুবন-ক্ষমতা কমে।

এখন একটি মৌলের সহিত উহার ঠিক পরবর্তী শ্রেণীর এবং পরবর্তী পর্যায়ের কোণা-কুণি অবস্থিত মৌলটির যদি তুলনা করা হয়, তাহা হইলে উহাদের আয়নের মধ্যে একটা সাদৃশ্য থাকার সম্ভাবনা আছে। কারণ, পর্যায় হিসাবে অগ্রগতির জন্য যেমন ধ্রুবন-ক্ষমতা বাড়িবে, শ্রেণী হিসাবে নিম্নে যাওয়ার জন্য উহা কমিবে। এই বৈপরীত্যের ফলে এই দুই আয়নের ধ্রুবন-ক্ষমতা কাছাকাছি হইবে এবং উহাদের যৌগগুলির মধ্যে অনেকটা মিল দেখা যাইবে। ইহাকে বলা হয়, **'কর্ণ-সম্বন্ধ'** (diagonal relations)। এইরূপ সম্বন্ধ অপেক্ষাকৃত লঘু প্রথম ও দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌলদের মধ্যে দেখা যায়, যেমন,




অর্থাৎ লিথিয়াম-ম্যাগনেসিয়াম, বেরিলিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতির মধ্যে।

এখানে লিথিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের মধ্যে-তুলনা করা যাইতে পারে। ক্ষারধাতু লিথিয়াম প্রথম শ্রেণীর অন্যান্য ক্ষারধাতু হইতে একটু স্বতন্ত্র, বরং দ্বিতীয় শ্রেণীর ম্যাগ-নেসিয়ামের সঙ্গে যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে। দেখা যায়,

(ক) লিথিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম উভয়েই অক্সিজেনে পুড়িয়া উহাদের সাধারণ অক্সাইডে পরিণত হয়, $Li_2O$, $MgO$। উচ্চতর অক্সাইড অস্থায়ী।

(খ) উভয়েই সরাসরি কার্বন এবং নাইট্রোজেনের সঙ্গে (উচ্চতাপমাত্রায়) যুক্ত হইয়া কার্বাইড ও নাইট্রাইড দেয়; $Li_3N$, $Mg_3N_2$; $Li_2C_2$, $MgC_2$।

(গ) উভয়ের কার্বনেট এবং নাইট্রেট সহজেই বিভাজিত হইয়া থাকে:


$$Li_2CO_3 = Li_2O + CO_2$$

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

$$4LiNO_3 = 2Li_2O + 2N_2O_4 + O_2; \quad 2Mg(NO_3)_2 = 2MgO + 2N_2O_4 + O_2$$

অন্যান্য ক্ষারধাতুর নাইট্রেট বা কার্বনেটের বিভাজন এইরূপ নহে।

(ঘ) উভয়ের কার্বনেট, ফসফেট এবং ফ্লুরাইড জলে অদ্রবনীয়। $LiOH$ এবং $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা উহাদের নিজনিজ শ্রেণীর অন্যান্য হাইড্রক্সাইড অপেক্ষা কম।

(ঙ) উভয়ের আয়নেই সংশ্লিষ্ট জলের অণুর পরিমাণ বেশী।

(চ) সমযোজ্যতার জন্য লিথিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের হ্যালাইড যৌগগুলি জৈব-দ্রাবকে দ্রবণীয়।

(ছ) উভয়েই অ্যালকিল যৌগ গঠন করে এবং সেই অ্যালকিল যৌগগুলি জৈবদ্রাবকে বিশেষ দ্রাব্য।

## ক্যালসিয়াম (Calcium)

চিহ্ন Ca ক্রমাঙ্ক 20 পাঃ গুরুত্ব 40.08 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $[Ar].4s^2$

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম মৌলাবস্থায় থাকে না, কিন্তু উহার নানাপ্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। এই সকল যৌগের ভিতর বিশেষ উল্লেখযোগ্য:

(১) ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$, যথা: চুনাপাথর (limestone), খড়িমাটি, মার্বেল পাথর, ক্যালসাইট (calcite), ক্যাল্ক-স্পার (calcspar), ইত্যাদি। ডিমের খোসা এবং জলজন্তুর বহিরাবরণেও ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে।

(২) ডলোমাইট (dolomite), $CaCO_3$, $MgCO_3$।

(৩) ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$। (ক) জিপসাম (gypsum), $CaSO_4$, $2H_2O$। (খ) অ্যানহাইড্রাইট (anhydrite), $CaSO_4$।

(৪) ক্যালসিয়াম ফসফেট, $Ca_3(PO_4)_2$। যথা: (ক) অ্যাপেটাইট (apatite), $CaF_2$, $3Ca_3(PO_4)_2$। (খ) ফসফরাইট (phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$।

(৫) ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড, ফ্লুয়োরস্পার, $CaF_2$।

(৬) ক্যালসিয়াম সিলিকেট, $CaSiO_3$। অনেক পাথরেই ইহা মিশ্রিত থাকে।

**১৪-১৫। ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি।** ক্যালসিয়াম অক্সাইড সহজলভ্য বটে, কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায়ও উহাকে কার্বন দ্বারা বিজারণ করা যায় না। সেইজন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের

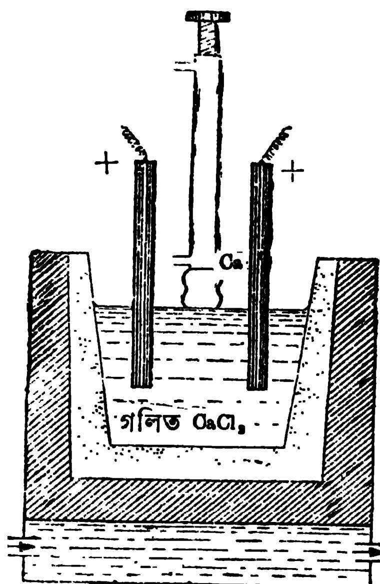
তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। অভ্যন্তরে খুব পুরু গ্র্যাফাইটে আবৃত একটি লোহার পাত্রে বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (সামান্য ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রিত) লইয়া উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয় (660° ~ 700°C)।

দুইটি গ্র্যাফাইট দণ্ড অ্যানোডরূপে এবং মধ্যস্থলে একটি লোহার ক্যাথোড গলিত $CaCl_2$-এ আংশিক নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয় (চিত্র ১৪-গ)। ক্যাথোডটি ভিতরে ফাঁপা এবং উহাতে জলপ্রবাহ পরিচালিত করিয়া উহাকে শীতল রাখা হয়। তড়িৎপ্রবাহে ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম জমিতে থাকিলে আস্তে আস্তে ক্যাথোডটিকে উপরের দিকে উঠাইয়া দেওয়া হয় এবং উৎপন্ন ক্যালসিয়াম একটি যষ্ঠির আকারে পাওয়া যায়। উৎপন্ন ধাতু সম্পূর্ণ মালিন্যমুক্ত নয়, উর্ধ্বপাতিত করিয়া ইহা হইতে বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম তৈয়ারী করা হয়।

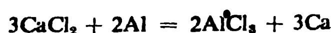


$$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca + Cl_2$$

যদি সামান্য পরিমাণে এই ধাতু প্রয়োজন হয়, তবে অ্যালুমিনিয়াম বা সোডিয়াম দ্বারা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিজারিত করিয়া তৈয়ারী করা যায়:




চিত্র ১৪-গ। ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি



$$3CaCl_2 + 2Al = 2AlCl_3 + 3Ca$$

১৪-১৬। **ক্যালসিয়ামের ধর্ম।** রূপার মত উজ্জ্বল সাদা ক্যালসিয়াম ধাতুটি অপেক্ষাকৃত নরম। কিন্তু উহার রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। সাধারণ অবস্থায় উহা অক্সিজেন, হ্যালোজেন প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হইয়া যায়। উচ্চ উষ্ণতায় অক্সিজেনে উহা জ্বলিয়া উঠে:

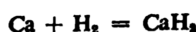


$$2Ca + O_2 = 2CaO; \quad Ca + Cl_2 = CaCl_2; \quad Ca + S = CaS$$

উত্তপ্ত অবস্থায় উহা হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দ্বিযৌগিক পদার্থ উৎপাদন করে:



$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$



$$Ca + H_2 = CaH_2$$

জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন গ্যাস দেয় এবং লঘু অ্যাসিড দ্রবণ হইতেও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে:

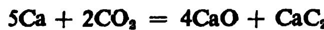


$$Ca + H_2O = CaO + H_2$$



$$Ca + 2HCl = CaCl_2 + H_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডে ক্যালসিয়াম শুভ্রত উত্তপ্ত করিলে কারবাইড উৎপন্ন হয়:



$$5Ca + 2CO_2 = 4CaO + CaC_2$$

অ্যামোনিয়ার সঙ্গেও ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া ঘটে:

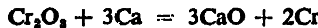


$$Ca + 6NH_3 = Ca(NH_3)_6 \text{ (সাধারণ উষ্ণতায়)}$$



$$Ca + 2NH_3 = Ca(NH_2)_2 + H_2 \text{ (উচ্চ উষ্ণতায়)}$$

কোন কোন ধাতু নিষ্কাশনের পর ঢালাই করার সময় ক্যালসিয়াম বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আল্‌কো (Ulco), ফ্রেয়ারী (Frary) প্রভৃতি ধাতুসংকর কিছু ব্যবহার হয়। ক্রোমিয়াম, ইউরেনিয়াম প্রভৃতির অক্সাইডের বিজারণে ইহা ব্যবহার হয়:

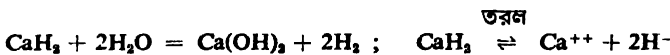


$$Cr_2O_3 + 3Ca = 3CaO + 2Cr$$

## ক্যালসিয়ামের যৌগ

**১৪-১৭। ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড, $CaH_2$।** গলিত ক্যালসিয়ামের (500°C) উপর দিয়া হাইড্রোজেন পরিচালিত করিলে ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়। তরল অ্যামোনিয়াতে ক্যালসিয়ামের দ্রবণ লইয়া উহা উদ্বায়িত করিলে যে ক্যালসিয়াম পাওয়া যায়, তাহা সাধারণ উষ্ণতায় $H_2$-গ্যাস শোষণ করিয়া হাইড্রাইডে পরিণত হয়।

ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড স্ফটিকাকার সাদা আয়নীয় যৌগ। ইহার বিজারণগুণ উল্লেখযোগ্য। জলে ইহা বিয়োজিত হইয়া সহজেই $H_2$-গ্যাস দেয়, সুতরাং ইহা হাইড্রোজেনের উৎস হিসাবে হাইড্রোলিথ (Hydrolith) নামে ব্যবহৃত হয়।



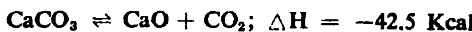
$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2 ; \quad CaH_2 \overset{\text{তরল}}{\rightleftharpoons} Ca^{++} + 2H^-$$

কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে উহা যুত-যৌগিক গঠন করে।



$$CaH_2 + 2CO_2 = Ca(COOH)_2 \text{ [ক্যালসিয়াম ফরমেট]}$$

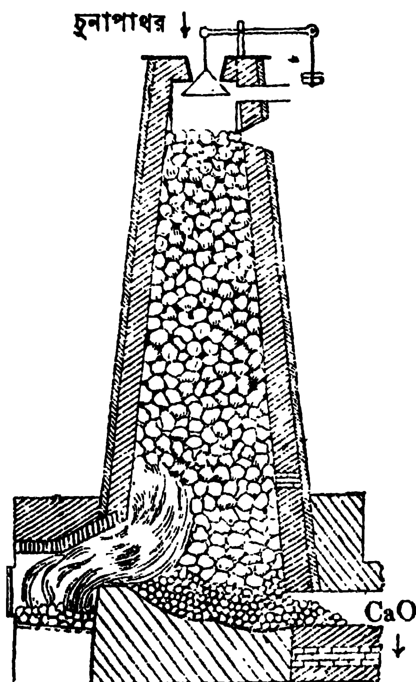
**১৪-১৮। ক্যালসিয়াম অক্সাইড, চুন, CaO:** উত্তাপ-প্রয়োগে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (চুনাপাথর) বিযোজিত করিয়া সর্বদা চুন প্রস্তুত করা হয়।



$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2; \ \triangle H = -42.5 \text{ Kcal}$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী। সুতরাং সম্পূর্ণ চুনাপাথরকে চুনে পরিণত করিতে হইলে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই সরাইয়া লওয়া প্রয়োজন। এই জন্য ইষ্টক-নির্মিত বড় বড় চুনের ভাঁটিতে (lime-kiln) এই বিযোজন সম্পাদিত হয়। এই চুনের ভাঁটি বা চুন-চুল্লীগুলি দেখিতে অনেকটা দীর্ঘ গম্বুজের মত। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। নীচের অংশে কয়লা জ্বালাইয়া চুল্লীতে তাপ প্রয়োগ করা হয়। অনেক সময় পার্শ্ববর্তী একটি চুল্লীতে কয়লা জ্বালাইয়া উত্তপ্ত প্রডিউসার গ্যাস ইত্যাদি ভাটির ভিতর পরিচালিত করা সুবিধাজনক (চিত্র ১৪-ঘ)। ছোট ছোট কাঁকরের আকারে চুনাপাথর উপর হইতে এই চুল্লীতে প্রবেশ করিতে থাকে। চুল্লীর অভ্যন্তরের উষ্ণতা প্রায় 1000°C হইলে, চুনাপাথর বিযোজিত হইয়া চুনে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস উত্তপ্ত গ্যাস-প্রবাহে উপরের দিকে উঠিয়া একটি নির্গম-পথে বাহির

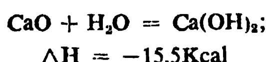
হইয়া যায়। ভাটির নীচে সাদা চুন আসিয়া জমা হয় এবং উহাকে একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। চুন টিনের ভিতর আবদ্ধ অবস্থায় স্থানান্তরে প্রেরিত হইয়া থাকে।




চিত্র ১৪-ঘ। চুনের ভাঁটি

**চুনের ধর্ম।** চুন একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহাকে তাপিত করিলে সহজে গলে না, বরং অতিরিক্ত উষ্ণতায়-হাইড্রোজেন শিখা ইত্যাদিতে,—উহা ভাস্বর হইয়া উঠে এবং আলো বিকিরণ করে। বিদ্যুৎ-চুল্লীতে প্রায় 2750°C উষ্ণতায় উহাকে গলান সম্ভব।

জলের প্রতি চুনের আসক্তি খুব বেশী। বায়ু হইতে জল শোষণ করিয়া উহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2; \quad \Delta H = -15.5 Kcal$$

জলে চুনের দ্রাব্যতা খুব বেশী নয়। উহার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ $Ca(OH)_2$-এর দ্রবণ তীব্রক্ষার-গুণাত্মক। চুন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং লবণ ও জল উৎপাদন করে।



$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$

চুনের জলের সঙ্গে $H_2O_2$-এর বিক্রিয়ার ফলে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহা ক্যালসিয়াম পার-অক্সাইড, $CaO_2$, $8H_2O$।

**ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, কলিচুন,** $Ca(OH)_2$। চুনের সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিলে, চুন উহা তৎক্ষণাৎ সশব্দে শোষণ করিয়া লয়। দ্রবীভূত না হইয়াও এইভাবে চুন যথেষ্ট জল শুষিয়া লইতে পারে। এই প্রক্রিয়ার সময় যথেষ্ট তাপ-উদ্গিরণ হয় এবং মিশ্রণটি ফুটিতে থাকে; চুন আয়তনে অনেকটা বৃদ্ধি পায় এবং অবশেষে বিচূর্ণ অবস্থা প্রাপ্ত হইয়া থাকে। বস্তুতঃ জলের সহিত চুনের রাসায়নিক যোগাযোগ ঘটে।



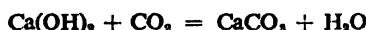
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

এই বিচূর্ণ কঠিন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে 'কলিচুন' ( slaked-lime ) বলা হয়।

কলিচুন একটি তীব্রক্ষার বটে, কিন্তু জলে বিশেষ দ্রবীভূত হয় না। সুতরাং চুন নীচে থিতাইয়া যায় এবং তাহার উপরে একটি স্বচ্ছ পরিষ্কার ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়। এই স্বচ্ছ দ্রবণটিকে সাধারণতঃ 'চুনের জল' (lime-water) বলা হয়।

কলিচুন যদি সামান্য পরিমাণ জলের সহিত মিশ্রিত করা হয় তবে উহা জলে ভাসমান বা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া দুধের মত সাদা একটি মিশ্রণের সৃষ্টি করে, উহাকে 'চুনগোলা' (milk of lime) বলে।

কলিচুন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করে এবং উহার দ্বারা ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়।



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

চুনের জলে অতিরিক্ত $CO_2$-গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রবণ পাওয়া যায়ঃ



$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

**চুন ও কলিচুনের ব্যবহার।** চুন নানা রকম কাজে লাগে। তন্মধ্যে অধিকাংশ চুন ব্যয় হয় কলিচুন-প্রস্তুতিতে। নিরুদক রূপে এবং ধাতু-নিষ্কাশনে বিগালক রূপে চুন ব্যবহৃত হয়। 'লাইম-লাইট'—ভাস্বর আলো সৃষ্টিতে চুন প্রয়োজন হয়।

ইট বা পাথরের গাঁথনির মশলাতে যথেষ্ট কলিচুন ব্যবহৃত হয়। চুনকামের জন্যও কলিচুন প্রয়োজন। সিমেন্ট, কাচ, কংক্রীট, বিরঞ্জক, কস্টিক সোডা, ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রভৃতির প্রস্তুতিতে কলিচুন অপরিহার্য। বীজবারক হিসাবে এবং জমির সার হিসাবেও কলিচুন ব্যবহৃত হয়। চর্মশিল্পে, অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতিতে, জলের খরতা নিবারণেও কলিচুন ব্যবহৃত হয়।

গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত চুন মিশ্রিত করিয়া বিশুষ্ক করিলে যে মিশ্র-পদার্থটি পাওয়া যায় তাহাকে সোডা-লাইম (soda-lime) বলা হয়; রাসায়নিক বিশ্লেষণে উহা ব্যবহৃত হয়।

**১৪-১৯। ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড, $CaF_2$।** প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড ফ্লুওর-স্পার খনিজরূপে পাওয়া যায়। স্বচ্ছ হইলে উহা লেন্স তৈরীর জন্য ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ফ্লুরাইডের সঙ্গে চুন বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট গালাইয়া $CaF_2$ প্রস্তুত করা যায়। $CaCO_3 + 2NaF = Na_2CO_3 + CaF_2$

জলে কিংবা অ্যাসিডে ইহার দ্রাব্যতা নাই বলিলেই চলে। বিগালক হিসাবে কোন কোন ধাতুনিষ্কাশনে ইহা ব্যবহৃত হয়। বিশেষ এনামেল, চিক্কন-লেপ (glaze) ইত্যাদির জন্য অনেক সময় উহা প্রয়োজন হয়।

**১৪-২০। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, $CaCl_2$।** বিচূর্ণ চক, চুনাপাথর বা মার্বেল পাথরের উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার শেষে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণটি অপরিবর্তিত মার্বেল এবং অন্যান্য অদ্রাব্য বস্তু হইতে ছাঁকিয়া লইয়া গাঢ় করা হয়। অতঃপর ঠাণ্ডা হইলে এই গাঢ় দ্রবণ হইতে $CaCl_2, 6H_2O$ কেলাসিত হয়।



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সোদক স্ফটিকগুলি স্বচ্ছ বর্ণহীন অবস্থায় থাকে। উহারা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। উত্তাপে এই সোদক স্ফটিকগুলি হইতে ক্রমশঃ জল বাহির হইয়া যায় এবং অত্যধিক উষ্ণতায় উহারা সম্পূর্ণ অনার্দ্র অনিয়তাকার $CaCl_2$-এ পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অত্যন্ত উদগ্রাহী এবং বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা জল শোষণ করিয়া ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই জন্য শোষকাধারে নিরুদক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

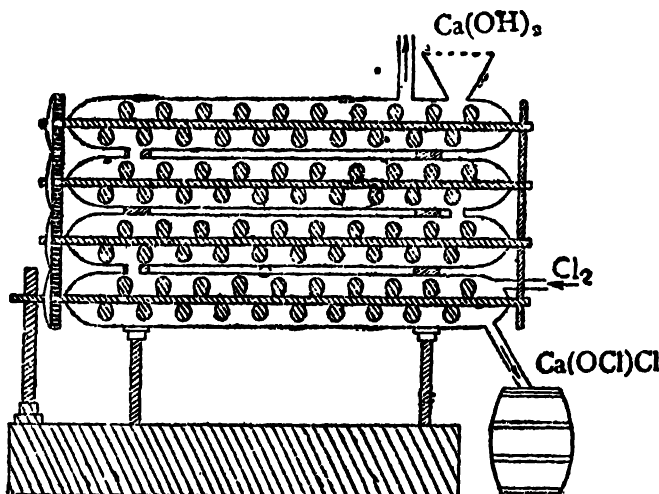
কোহল ও অ্যামোনিয়ার সহিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যুত যৌগিক উৎপাদন করে: $CaCl_2, 4C_2H_5OH$ এবং $CaCl_2, 8NH_3$। অতএব কোহল বা অ্যামোনিয়া গ্যাসের নিরুদন-কার্যে ইহা ব্যবহার করা সম্ভব নয়।

**১৪-২১। বিরঞ্জক চূর্ণ, ব্লীচিং পাউডার, Ca(OCl)Cl।** ব্লীচিং পাউডার নামে পরিচিত বস্তুটির রাসায়নিক নাম 'ক্যালসিয়াম ক্লোরো হাইপোক্লোরাইট', $Ca\begin{cases}OCl\\Cl\end{cases}$। অর্থাৎ, ইহা হাইড্রোক্লোরিক এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের যুগ্ম-লবণ। শুষ্ক কলিচুণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে, উহা ক্লোরিন শোষণ করিয়া বিরঞ্জকচূর্ণে পরিণত হয়।



$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

হেজেনক্লেভারের যন্ত্রের ব্যবহারে অত্যন্ত লঘু ক্লোরিন গ্যাসের সাহায্যেও কলিচুন হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুত করা সম্ভব ( চিত্র ১৪-৬ )। ইহাতে কয়েকটি লৌহনির্মিত অনুভূমিক প্রশস্ত নল বা সিলিণ্ডার থাকে। উহাদের প্রত্যেকটির অভ্যন্তরে 'স্ক্রু'র মত একটি




চিত্র ১৪-৬। হেজেনক্লেভার যন্ত্রে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুতি

দীর্ঘ আলোড়ক আছে। সকলের উপরে যে নলটি আছে উহাতে কলিচুন দেওয়া হয়। আলোড়কগুলি আস্তে আস্তে ঘুরিতে থাকে। আলোড়কের ঘূর্ণনের সঙ্গে সঙ্গে এই কলিচুন এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যাইতে থাকে এবং অবশেষে নির্গমপথে দ্বিতীয় নলে প্রবেশ করে। এইভাবে কলিচুন চারিটি নল অতিক্রম করে। ইত্যবসরে সর্বশেষ নলের ভিতর লঘু ক্লোরিন গ্যাস প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। এই ক্লোরিন কলিচুনের পথেই বিপরীত মুখে পরিচালিত হয়। সুতরাং কলিচুন ও ক্লোরিন নিবিড় সংস্পর্শে আসে এবং বিরঞ্জক-চূর্ণ উৎপন্ন হয়। সকলের নীচের নল হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ কাঠের পিপেতে ভরিয়া লওয়া যায়।

বিরঞ্জক-চূর্ণ একটি অনিয়তাকার পদার্থরূপে পাওয়া যায়। উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট মিশ্রণে পরিণত হয়।

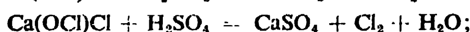


$$2Ca(OCl)Cl = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 \text{ [জলে]}$$

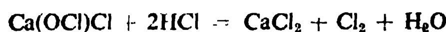
মৃদু অ্যাসিডের লঘুদ্রবণে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু তীব্র অ্যাসিডের দ্রবণে ক্লোরিন নির্গত হয়।



$$2Ca(OCl)Cl + H_2CO_3 = CaCO_3 + CaCl_2 + 2HOCl;$$

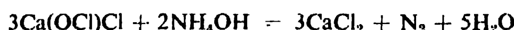


$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + Cl_2 + H_2O;$$



$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

বলা বাহুল্য, এই নির্গত ক্লোরিনের জন্যই ইহার বিরঞ্জন-ক্রিয়া সম্পাদিত হয়। বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত গাঢ় অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়াতে নাইট্রোজেন বিমুক্ত হয়।



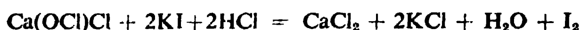
$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + N_2 + 5H_2O$$

সোডিয়াম কার্বনেট বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায়:



$$Ca(OCl)Cl + Na_2CO_3 = CaCO_3 + NaOCl + NaCl$$

বিরঞ্জক-চূর্ণের জারণক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে উহা আয়োডিন উৎপাদন করে।



$$Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2$$

কোবাল্টের যৌগসমূহের উপস্থিতিতে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়:



$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2$$

**বিরঞ্জন-প্রণালী।** বস্ত্রাদি বিরঞ্জক-চূর্ণ সাহায্যে পরিস্কৃত করিতে হইলে প্রথমে অপরিস্কৃত বস্ত্রাদি বিরঞ্জক-চূর্ণের দ্রবণে ভিজাইয়া লইতে হয় এবং পরে উহাকে অত্যন্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ধোয়া হয়। ইহাতে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় তাহাই বিরঞ্জন করে। অতঃপর বস্ত্রটি সোডাতে ধুইয়া লওয়া হয় এবং পরে সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণে ধুইয়া উহাকে ক্লোরিনমুক্ত করা হয়।

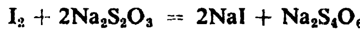
বাজারে যে 'ব্লীচিং পাউডার' পাওয়া যায় উহাতে অবশ্যই কিছু কলিচুন $[Ca(OH)_2]$ মিশ্রিত থাকে। উহার মোটামুটি অনুপাত $3Ca(OCl)Cl, Ca(OH)_2. 5H_2O$ ধরা হয়।

বিরঞ্জন চূর্ণের বিরঞ্জন-ক্ষমতা উহা হইতে কি পরিমাণ ক্লোরিন উৎপন্ন হইবে তাহার উপর নির্ভর করে এবং সেই অনুপাতে উহার মূল্য স্থির হয়। বাজারের ভাল ব্লীচিং-পাউডার হইতে গড়ে 38% ক্লোরিন পাওয়া যায়।

অ্যাসেটিক অ্যাসিড দিলে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে ক্লোরিন নির্গত হয়। এই ক্লোরিনকে সরাসরি KI-দ্রবণে পরিচালিত করিলে উহার তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আয়োডিন প্রতিস্থাপিত হয়। উহাকে থায়োসালফেট দ্রবণ-দ্বারা ট্রাইট্রেশন করিয়া আয়োডিনের পরিমাণ তথা উৎপন্ন ক্লোরিনের পরিমাণ জানা যায়। এইভাবেই ব্লীচিং-পাউডারের মূল্য নির্ণীত হয়।



$$Ca(OCl)Cl + 2HAc + 2KI = CaCl_2 + 2KAc + I_2 + H_2O$$



$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

কাগজ এবং সূতা ও সূতীবস্ত্র বিরঞ্জনের জন্যই ইহা বিশেষ ব্যবহৃত হয়। বীজঘ্ন হিসাবে এবং জল নির্বীজ-করণেও উহার যথেষ্ট ব্যবহার আছে। ক্লোরোফর্ম তৈয়ারী করিতেও বিরঞ্জক-চূর্ণ লাগে।

**ব্লীচিং পাউডারের সংকেত।** ব্লীচিং পাউডারের সঙ্গে সর্বদাই কিছু চুন এবং জল মিশ্রিত থাকে। এই কারণে উহার সংকেত সুনির্দিষ্ট ভাবে স্থির করা বেশ শক্ত। বিভিন্ন সময়ে ইহার জন্য বিভিন্ন সংকেত প্রস্তাব করা হইয়াছে। তাহাদের মধ্যে বালার্ড, স্টালমিড এবং ওডলিং এই তিনজনের প্রস্তাব বিশেষ আলোচনার উপযুক্ত।

(ক) বালার্ডের মতে ইহার সংকেত দেওয়া হয়, $CaCl_2 + Ca(OCl)_2$,—অর্থাৎ ইহা ক্লোরাইড এবং হাইপোক্লোরাইটের মিশ্রণ। ইহাতে উহার রাসায়নিক ধর্ম সমর্থিত হয় সত্য, কিন্তু যদি এই সংকেত ধরা হয়, তাহা হইলে কোহল দ্বারা ব্লীচিং পাউডার ধৌত করিলে মিশ্রণ হইতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবিত হইয়া আসিবে। তাহা কিন্তু হয় না।

(খ) স্টালমিডের মতানুসারে ইহার সংকেত হওয়া উচিত $Ca(OH)(OCl)$। এই সংকেত ধরিলে ইহাতে ক্লোরিনের সর্বাধিক পরিমাণ হইবে 33%। কিন্তু বিশ্লেষণে ক্লোরিনের পরিমাণ পাওয়া যায় 40% ভাগেরও বেশী। সুতরাং এই সংকেত ঠিক নয়।

(গ) ওডলিং প্রস্তাব করেন, ব্লীচিং পাউডারের সংকেত হইবে, $Ca(OCl)Cl$। এই সংকেত হইতে যে শুধু উহার রাসায়নিক ধর্মের তাৎপর্য বুঝা যায় তাহাই নহে, উহার মাত্রিক বিশ্লেষণ লব্ধ তথ্যগুলিও সমর্থিত হয়।

ব্লীচিং পাউডারের বিশ্লেষণের ফলাফলগুলি এখানে দেওয়া হইল:

| | অনুপাত | |
|---|---|---|
| সংকেত | $CaO : Cl_2$ | হাইপোক্লোরাইট $Cl_2$ : মোট $Cl_2$ |
| বালার্ড, $CaCl_2 + Ca(OCl)_2$ | 1 : 2 | 1 : 1 |
| স্টালমিড, $Ca(OH)(OCl)$ | 1 : 1 | 1 : 1 |
| ওডলিং, $Ca(OCl)Cl$ | 1 : 2 | 1 : 2 |
| পরীক্ষালব্ধ ফল | 1 : 2 | 1 : 2 |

সুতরাং পরীক্ষালব্ধ ফলাফল ওডলিংয়ের সংকেতের সঙ্গে মিলিয়া গিয়াছে। এই কারণেই ওডলিংয়ের প্রদত্ত সংকেতই গ্রহণযোগ্য। অতএব, ব্লীচিং পাউডার হাইপো-ক্লোরাস এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের যুগ্ম-লবণ।

বাজারের ব্লীচিং পাউডারে অবশ্য অবিকৃত চুন এবং জল মিশ্রিত আছে, উহার মোটা-মুটি অনুপাত ধরা হয়, $3Ca(OCl)Cl, Ca(OH)_2, 5H_2O$।

**১৪-২২। ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$।** প্রকৃতিতে জিপসাম, $CaSO_4, 2H_2O$ এবং অ্যানহাইড্রাইট, $CaSO_4$—এই দুই রকম ক্যালসিয়াম সালফেট দেখা যায়। ল্যাবরেটরীতে চুন বা চকের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে ক্যালসিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়।



$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

জিপসাম সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ, উহা জলে অনতিদ্রবণীয়। উহাকে প্রায় 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করিলে উহার সমস্ত জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট পড়িয়া থাকে।

জমির সার $(NH_4)_2SO_4$ তৈয়ারী করিতে জিপসাম ব্যবহৃত হয়।

**প্যারিস-প্লাস্টার।** যদি জিপসামকে 120° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করা হয় তবে উহার জল আংশিক দূরীভূত হয় এবং $(CaSO_4)_2, H_2O$—এইরূপ পদার্থে পরিণত হয়।



$$2[CaSO_4, 2H_2O] = (CaSO_4)_2, H_2O + 3H_2O$$

ইহাকে 'প্যারিস-প্লাস্টার' বলে। ইহার প্রধান গুণ এই যে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় সহজেই জল আকর্ষণ বা শোষণ করিয়া কঠিন সিমেন্টের মত অনমনীয় সাদা জিপসামে পরিণত হইয়া যায়। এই জন্য ঢালাইয়ের কাজে, ভাস্কর্যে, অস্ত্র-চিকিৎসকের ব্যাণ্ডেজে সিমেন্ট হিসাবে ইহার বহুল ব্যবহার দেখা যায়। জিপসাম নিরুদিত করার সময় যেন উহা কোন বিজারক গ্যাসের সংস্পর্শে না আসে তাহা লক্ষ্য রাখিতে হইবে, কারণ তাহা হইলে ক্যালসিয়াম সালফেট বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে রূপান্তরিত হইয়া যাইবে।

প্যারিস-প্লাস্টার প্রস্তুত করা ছাড়াও অন্যান্য কাজে জিপসাম ব্যবহৃত হয়। জমিতে সার হিসাবে, কাগজ শিল্পের পরিপূরক (filler) রূপে, সাধারণ চক পেন্সিল হিসাবে যথেষ্ট জিপসাম ব্যবহার করা হয়।

ক্যালসিয়াম সালফেটের অনেক যুগ্ম-লবণ পাওয়া যায়, যথা:



$CaSO_4, Na_2SO_4$; $CaSO_4, (NH_4)_2SO_4, H_2O$; $CaSO_4, K_2SO_4, H_2O$; ইত্যাদি।

**১৪-২৩। ক্যালসিয়াম সালফাইড, $CaS$।** 900°C উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম সালফেটকে কোকদ্বারা বিজারণে $CaS$ পাওয়া যায়। $CaSO_4+4C = CaS+4CO$। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে $H_2S$-গ্যাসে তাপিত করিলেও ক্যালসিয়াম সালফাইড প্রস্তুত হয়। $Ca(OH)_2+H_2S = CaS+2H_2O$। ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে।



$$2CaS + 2H_2O = Ca(OH)_2 + Ca(HS)_2$$

কোন কোন বিশেষ রং-বার্ণিশের জন্য ইহা প্রয়োজন হয়।

**১৪-২৪। ক্যালসিয়াম কার্বাইড, $CaC_2$।** একটি বৈদ্যুতিক ঘূর্ণ-চুল্লীতে প্রায় 2000°C তাপমাত্রায় কোক এবং চুনের (2:3) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া এই কার্বাইড প্রস্তুত করা হয়।



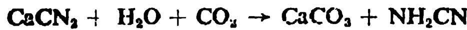
$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

অ্যাসিটিলীন এবং ক্যালসিয়াম সায়নামাইড তৈয়ারী করার জন্য ক্যালসিয়াম কারবাইড প্রধানতঃ প্রয়োজন।



$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2; \quad CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C$$

**১৪-২৫। ক্যালসিয়াম সায়নামাইড, $CaCN_2$।** 1200°C উষ্ণতায় বিদ্যুৎ-চুল্লীতে সামান্য $CaCl_2$ মিশ্রিত করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে নাইট্রোজেন গ্যাসে তাপিত করিলে একটি গাঢ় ধূসর পদার্থ উৎপন্ন হয়। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে, 'নাইট্রোলিম' (nitrolim), ইহা কার্বন এবং ক্যালসিয়াম সায়নামাইডের মিশ্রণ। ইহা একটি উত্তম সাররূপে ব্যবহৃত হয়। জমিতে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ইউরিয়া এবং অ্যামোনিয়াম লবণের উৎপত্তি ঘটে:



$$CaCN_2 + H_2O + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + NH_2CN$$



$$NH_2CN + H_2O \rightarrow CO(NH_2)_2; \quad CO(NH_2)_2 + 2H_2O \rightarrow (NH_4)_2CO_3$$

এইভাবে সায়নামাইডের মাধ্যমে বাতাসের নাইট্রোজেন উদ্ভিদজগতে প্রবেশ লাভ করে। 'সায়নামাইড পদ্ধতি' এই জন্য 'নাইট্রোজেন-বন্ধনের' এক প্রধান উপায়।

স্টীম সায়নামাইডকে অ্যামোনিয়াতে পরিণত করে এবং শীতল জলে ডাই-সায়নামাইড পাওয়া যায়।



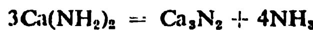
$$(1) \quad CaCN_2 + 3H_2O = 2NH_3 + CaCO_3$$



$$(2) \quad 2CaCN_2 + 4H_2O = 2Ca(OH)_2 + (NH_2CN)_2$$

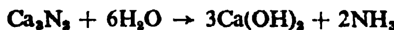
সার ছাড়াও, গোয়ানিডিন জাতীয় জৈবপদার্থ তৈয়ারী করিতে সায়নামাইড প্রয়োজন হয়।

**১৪-২৬। ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড, $Ca_3N_2$।** ক্যালসিয়াম ধাতুকে $N_2$-গ্যাসে তাপিত করিয়া (440°C) অথবা ক্যালসিয়াম অ্যামাইডের তাপ-বিভাজনে ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড সাদা কঠিন পদার্থরূপে পাওয়া যায়।



$$3Ca(NH_2)_2 = Ca_3N_2 + 4NH_3$$

জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া দেয়।



$$Ca_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

**১৪-২৭। ক্যালসিয়াম নাইট্রেট, $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$।** চুনাপাথর এবং লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড যোগে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ পাওয়া যায়। ঘন করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোদক স্ফটিক পৃথক হয়। এই স্ফটিক অত্যন্ত উদ্‌গ্রাহী, জলে এবং কোহলে দ্রাব্য। কিছু কিছু ক্যালসিয়াম নাইট্রেট সারহিসাবে প্রয়োগ করা হয়।

**১৪-২৮। ক্যালসিয়াম ফসফেট, $Ca_3(PO_4)_2$।** জীবজন্তুর হাড়ে এবং ফসফরাইট ও অ্যাপাটাইট নামক খনিজগুলিতে ক্যালসিয়াম ফসফেটরূপে থাকে।

ল্যাবরেটরীতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়াম ফসফেট মিশাইলে, থকথকে ক্যালসিয়াম ফসফেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



$$3Ca^{++} + 2HPO_4^{--} + 2OH^- = Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2O$$

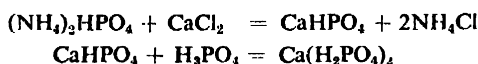
অনাদ্র ক্যালসিয়াম ফসফেটের গলনাঙ্ক, 1670°C। ইহা জলে খুবই সামান্য দ্রব হয়। কিন্তু অন্যান্য লবণ এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড থাকিলে ইহা সহজেই দ্রবিত হইতে থাকে। জমিতে সার হিসাবে ইহা যখন ব্যবহার হয়, তখন $CO_2$-এর জন্যই উহা দ্রাবিত হইয়া উদ্ভিদজগতে যাইতে পারে।

ক্যালসিয়াম ফসফেট জলীয় ফসফরিক অ্যাসিডে দ্রাবিত হইয়া মনো-ক্যালসিয়াম ফসফেট বা ডাই-হাইড্রোজেন ক্যালসিয়াম ফসফেট দেয়। ইহা বিখ্যাত রাসায়নিক সার সুপার-ফসফেটের প্রধান উপাদান (ফসফরিক অ্যাসিড দ্রষ্টব্য)।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2$$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়াম বা ডাই সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট মিশাইলে ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়, ইহাও ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণে মনোক্যালসিয়াম ফসফেট দেয়।



$$(NH_4)_2HPO_4 + CaCl_2 = CaHPO_4 + 2NH_4Cl$$
$$CaHPO_4 + H_3PO_4 = Ca(H_2PO_4)_2$$

**১৪-২৯। ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$।** প্রকৃতিতে এত ক্যালসিয়াম কার্বনেট আছে যে উহা প্রস্তুত করার প্রশ্ন উঠে না। চুনাপাথর, চক, মার্বেল প্রভৃতি অস্বচ্ছ স্ফটিকাকার ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

অনেক সময় পর্বতের গুহা বা কন্দরের ভিতরে ছাদ হইতে অতি সুদৃশ্য স্বচ্ছ স্ফটিকাকার পাথর ঝুলিতে দেখা যায়। ইহাদের Stalactites বলা হয়। আবার কখনও গুহার মেঝে হইতে কোণের আকারে স্ফটিকগুচ্ছ উঠিতে দেখা যায়। ইহাদের নাম Stalagmites। ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট জলে থাকে। সেই জল উবিয়া গেলে উহা হইতে $CaCO_3$ থিতাইয়া এই সকল সুদৃশ্য স্ফটিকের ঝাড়ের সৃষ্টি হয়।

ক্যালসিয়াম কার্বনেট জলে অদ্রাব্য, কিন্তু $CO_2$-সম্পৃক্ত জলে ইহা দ্রব হয় এবং ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়।



$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$$

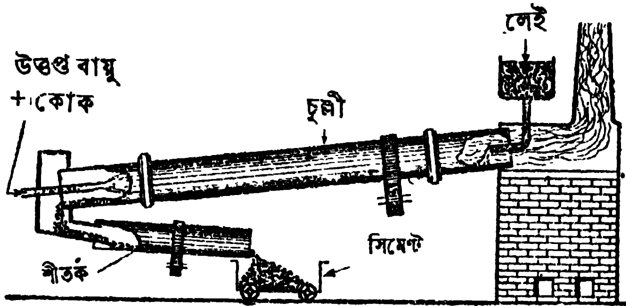
উত্তাপে ক্যালসিয়াম কার্বনেট বিয়োজিত হইয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $CaCO_3$-এর নানা রকম ব্যবহার আছে। চুন ও $CO_2$ প্রস্তুতি তন্মধ্যে প্রধান। প্রাসাদ-নির্মাণে, ভাস্কর্য-শিল্পে ও নানা রকম বাসনপত্র-প্রস্তুতিতে উহা ব্যবহৃত হয়। সিমেন্ট, কাচ, লৌহ, সোডিয়াম কার্বনেট-প্রস্তুতিতে চুনাপাথর একান্ত প্রয়োজনীয়। সাদা রং হিসাবে ও দন্তমঞ্জনে চক ব্যবহার হয়।

**গাঁথুনীর মশলা (mortar):** কলিচুন, বালু অথবা সুরকী উপযুক্ত পরিমাণ জলের সঙ্গে মিশাইয়া যে মিশ্রণ হয় তাহার সাহায্যে দালানের গাঁথুনী হইয়া থাকে। এই মিশ্রণ দ্বারা ইট, পাথর ইত্যাদি জোড়া হয়। জল উবিয়া গেলে উহা খুব দৃঢ়ভাবে

ইট-পাথর আকড়াইয়া ধরিয়া রাখে, এই কারণেই উহা ব্যবহার করা হয়। চুন বাতাস হইতে $CO_2$ শোষণ করিয়া শক্ত কার্বনেটে পরিণত হয় এবং দৃঢ়বন্ধনের সৃষ্টি করে।

**১৪-৩০। সিমেন্ট (cement)।** বহু প্রাচীন কাল হইতে নানাভাবে কোন না কোন সিমেন্ট প্রাসাদ ইত্যাদির নির্মাণে ব্যবহৃত হইয়াছে। ফ্যারাওদের যুগে বা রোমক যুগেও সিমেন্ট ব্যবহৃত হইয়াছে। এখন যে ধরনের সিমেন্ট ব্যবহৃত হয়, তাহার সাধারণ নাম 'পোর্টল্যাণ্ড সিমেন্ট'। ইংলণ্ডের পোর্টল্যাণ্ড হইতে দালান-নির্মাণের জন্য যে পাথর আনা হইত, এই সিমেন্ট জমিয়া গেলে সেইরূপ দেখায়, সেই হেতু এই নামকরণ।

সিমেন্ট তৈরীর প্রধান উপাদান চুন এবং সিলিকা বা বালু। পরিষ্কৃত কাদামাটি (clay) এবং চুনাপাথর বিচূর্ণ অবস্থায় মৌটামুটি 1:3 অনুপাতে লইয়া জলের সঙ্গে মিশাইয়া একটি ঘন লেই-এর মত করা হয়। এই মিশ্রণকে এখন একটি উত্তপ্ত লম্বা সিলিণ্ডার চুল্লীর মধ্যে উপরের দিক হইতে প্রবেশ করান হয়। চুল্লীটি প্রায় অনুভূমিক অবস্থায় থাকে তবে একদিক একটু ঢালু এবং চুল্লীটি ধীরে ধীরে ঘুরিতে থাকে। চিমনীর নীচুদিক হইতে উত্তপ্ত বাতাসের সঙ্গে বিচূর্ণ জ্বলন্ত কোক প্রবেশ করান হয়। ফলে, ভিতরের উষ্ণতা খুবই বেশী হয়, প্রায় 1400°C।




চিত্র ১৪-চ। সিমেন্ট-প্রস্তুতি।

তীব্র তাপে মিশ্রণটি গলিয়া যায় এবং আস্তে আস্তে কাঁকরে পরিণত হয়। এই ভাবে সিলিণ্ডার চুল্লীর শেষ প্রান্তে আসিয়া উহা আর একটি ছোট ঘূর্ণায়মান সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে। এইখানে কাঁকরগুলি ঠাণ্ডা হইতে থাকে। এই কাঁকর বা গুটিগুলিকে (nodules) বিচূর্ণ করিয়া সিমেন্ট প্রস্তুত হয়। জলের বা জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে আসিলেই সিমেন্ট অত্যন্ত শক্ত কঠিন দৃঢ় পদার্থে পরিণত হয়। এই গুণের জন্য উহা এত সমাদৃত। সমস্ত উন্নত দেশেই সিমেন্ট প্রস্তুতি এখন একটি প্রধান শিল্প।

সিমেন্ট বস্তুতঃ নানা রকম ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও অ্যালুমিনেটের মিশ্রণ। উহাতে বিশেষতঃ নিম্নলিখিত যৌগ বর্তমান, ট্রাইক্যালসিয়াম সিলিকেট, $3CaO, SiO_2$; ক্যালসিয়াম অর্থোসিলিকেট, $2CaO, SiO_2$; ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেট, $3CaO, Al_2O_3$ এবং $12CaO, 7Al_2O_3$ ইত্যাদি। কিছু অবিকৃত চুনও থাকে এবং $Fe_2O_3$ থাকেই। উপাদানগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায়, $CaO(60\text{-}64\%)$, $SiO_2(20\sim24\%)$, $Al_2O_3(5\text{-}10\%)$, $Fe_2O_3(2\text{-}4\%)$ ইত্যাদি।

জলের সংস্পর্শে কঠিনাকার হইলে উহার সংকেত ধরা হয়, $3CaO, Al_2O_3, 6H_2O$।

ট্রাই-ক্যালসিয়াম সিলিকেটের আর্দ্র-বিশ্লেষণে এই নতুন সংযোগ সৃষ্টি হয়। ইহা অত্যন্ত ওতপ্রোতভাবে সংরচিত; সেইজন্য কাঠিন্য অত্যধিক।

**কংক্রীট (concrete)।** নির্দিষ্ট অনুপাতে পাথরের নুড়ি, বালু এবং সিমেন্ট একত্র জলের সঙ্গে মিশাইয়া লইলে যে গাঁথুনীর মশলা হয়, তাহাই কংক্রীট। ইহাতে গাঁথুনী খুব দৃঢ় এবং মজবুত হয়। যদি ইস্পাতের শিক ভিতরে রাখিয়া উহাকে জমান হয় তাহা হইলে উহার দৃঢ়তা আরও অনেক বৃদ্ধি পায়। উহাকে বলা হয় ফেরো-কংক্রীট। আজকাল দালানের ছাদ, পুল, প্রভৃতি ফেরো-কংক্রীটে তৈয়ারী হয়।

**১৪-৩১। ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের তুলনা।** এই দুইটি মৃৎক্ষার ধাতুর মধ্যে যেমন অনেক মিল সেইরূপ অনেক পার্থক্যও আছে।

(ক) দুইটি ধাতুকেই গলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে পাওয়া যায়। কারণ উভয়ের অক্সাইডই অগ্নিসহ এবং কার্বনদ্বারা বিজারিত হয় না।

(খ) উভয়ের যোজ্যতাই দুই এবং যোজক ইলেকট্রন-বিন্যাস এক রকম।

(গ) উভয়েই নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া একই রকম $M_3N_2$ নাইট্রাইড দেয় এবং উহা জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

(ঘ) উভয়েই জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন দেয় (যদিও বিভিন্ন তাপমাত্রা) এবং উভয়েই অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে।

(ঙ) উভয়ের কার্বনেট জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কার্বনিক অ্যাসিডে দ্রাব্য। উভয়েরই বাইকার্বনেট দ্রবণ পাওয়া যায়, $M.CO_3+H_2O+CO_2 \rightarrow M(HCO_3)_2$

(চ) দুইটি ধাতুরই একই রকম সোদক ক্লোরাইড, $MCl_2, 6H_2O$ জানা আছে।

(ছ) উভয় ধাতুর ফ্লুরাইড এক রকম এবং জলে অদ্রাব্য। উহাদের কার্বাইড যৌগগুলি একই রকম ব্যবহার করে—জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলীন উৎপন্ন হয়।

কিন্তু কিছু কিছু বৈসাদৃশ্যও আছে। যেমন,

(ক) $CaH_2$ আয়নীয় যৌগ, ম্যাগনেসিয়ামের সেরূপ যৌগ হয় না।

(খ) $CaO$ জলে যথেষ্ট দ্রবণীয় এবং তীব্রক্ষার। $MgO$ জলে খুব কম দ্রাব্য এবং দ্রবণটি মৃদুক্ষার।

(গ) Ca-লবণের দ্রবণে $Na_2CO_3$ দিলে $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু Mg-লবণ হইতে ক্ষারীয় কার্বনেট $MgCO_3$, $Mg(OH)_2$ পাওয়া যায়।

(ঘ) উহাদের নাইট্রেট লবণের স্ফটিক বিভিন্ন রকমের—$Mg(NO_3)_2, 6H_2O$, $Ca(NO_3)_2, 4H_2O$।

(ঙ) দুইটি ধাতুর সালফেটের ধর্ম এক রকম নয়; কেলাস-জলও বিভিন্ন। $CaSO_4$, $2H_2O$ (জিপসাম) উত্তাপে প্যারিস প্লাস্টার দেয় এবং পরে সম্পূর্ণ নিরুদিত হয়। কিন্তু $MgSO_4, 7H_2O$ এরূপ ব্যবহার করে না।

## স্ট্রনসিয়াম (Strontium)

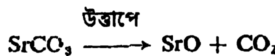
চিহ্ন, Sr ক্রমাঙ্ক, 38 পাঃ গুরুত্ব, 87.63 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $[Kr]5s^2$

ভূপৃষ্ঠে স্ট্রনসিয়াম যৌগ খুব বেশী পাওয়া যায় না। ইহার দুইটি খনিজ, (১) স্ট্রনসিয়ানাইট (strontianite), $SrCO_3$ এবং (২) সেলেস্টিন (celestine) $SrSO_4$। ভারতে তামিলনাদ অঞ্চলে কিছু কিছু সেলেস্টিন আছে।

১৪-৩২। **স্ট্রনসিয়াম-প্রস্তুতি। তড়িৎ-বিশ্লেষণপদ্ধতি।** ক্যালসিয়ামের মত স্ট্রনসিয়ামও গলিত ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণদ্বারা প্রস্তুত করা হয়। স্ট্রনসিয়ানাইট আকরিকটিকে HCl-এ দ্রবীভূত করা হয়। উহাতে কিছু $Cl_2$-গ্যাস পরিচালিত করিয়া মিশ্রিত লৌহকে ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত করা হয়। অতঃপর সামান্য সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইয়া উহাকে ফুটান হয়। লৌহ তখন ফেরিক হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক্ করা হয়। অম্লীকৃত পরিস্রুত দ্রবণ হইতে স্ট্রনসিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয়।

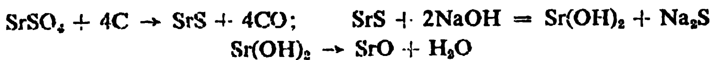
এই স্ট্রনসিয়াম ক্লোরাইড এবং একটু পটাসিয়াম ক্লোরাইড একত্র মিশ্রিত করিয়া গলান হয় এবং ক্যালসিয়াম-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত অনুরূপ-যন্ত্রে উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া স্ট্রনসিয়াম ধাতু সংগ্রহ করা হয়।

স্ট্রনসিয়াম ধাতু-প্রস্তুতির জন্য 'থারমাইট পদ্ধতিও' প্রয়োগ করা হয়। প্রথমে আকরিক হইতে স্ট্রনসিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হয়। যেমন:



$$SrCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপে}} SrO + CO_2$$

সেলেস্টিন আকরিক থাকিলে উহাকে প্রথমে কোকদ্বারা বিজারিত করা হয়। উৎপন্ন সালফাইডকে তীব্রক্ষারে ফুটাইলে, $Sr(OH)_2$ পাওয়া যায়। ইহাকে উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র করিলেই স্ট্রনসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$SrSO_4 + 4C \rightarrow SrS + 4CO; \quad SrS + 2NaOH = Sr(OH)_2 + Na_2S$$
$$Sr(OH)_2 \rightarrow SrO + H_2O$$

থারমাইট পদ্ধতিতে এই স্ট্রনসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া আগুন ধরাইয়া দিলে প্রচণ্ড উত্তাপের সৃষ্টি হয় এবং বিজারণের ফলে স্ট্রনসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়। $3SrO + 2Al = 3Sr + Al_2O_3$

950°C-এর উপরে ধাতুটি উদ্বায়িত হইয়া আসে, সেই বাষ্প ঘনীভূত করিয়া স্ট্রনসিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

•

১৪-৩৩। **স্ট্রনসিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহার।** স্ট্রনসিয়াম উজ্জ্বল সাদা ধাতু [ঘনত্ব, 2.54], ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতাও যথেষ্ট। আর্দ্র বাতাসে ধাতুর উপর একটি অক্সাইডের পাতলা প্রলেপ পড়ে। বাতাসে উহা জ্বালাইয়া দিলে উহার অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। সাধারণ উষ্ণতাতেই স্ট্রনসিয়াম জল হইতে হাইড্রোজেন দেয়। বিভিন্ন অধাতু যেমন, $Cl_2$, $N_2$, S, ইত্যাদির সঙ্গে উত্তপ্ত অবস্থায় সরাসরি যুক্ত হয়। উহা অ্যাসিডের হাইড্রোজেনও প্রতিস্থাপিত করে। অতএব ইহা সর্বরকমেই ক্যালসিয়ামের মত ব্যবহার করে। স্ট্রনসিয়ামের তেমন উল্লেখযোগ্য চাহিদা নাই, কোন কোন আলোক-সেলে (photo-cell) উহা ব্যবহার হয়।

১৪-৩৪। **স্ট্রনসিয়ামের যৌগ।** স্ট্রনসিয়ামের প্রধান প্রধান যৌগ ক্যালসিয়ামের যৌগের মতই। উহাদের সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

**স্ট্রনসিয়াম হাইড্রাইড, $SrH_2$।** স্ট্রনসিয়ামের পারদসংকরকে হাইড্রোজেন গ্যাস

প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া স্ট্রনসিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়। ইহার ধর্ম ক্যালসিয়াম হাইড্রাইডের মতই।

**স্ট্রনসিয়াম অক্সাইড,** $SrO$। প্রকৃতিজাত আকরিক হইতে এই অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত হয় তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। অথবা, বিধিমত কার্বনেট বা নাইট্রেট প্রভৃতির তাপ-বিভাজন হইতেও উহা তৈয়ারী করা যায়।

স্ট্রনসিয়াম অক্সাইড সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। চুনের মতই ইহা জল শোষণ করিয়া $Sr(OH)_2$ স্ট্রনসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। চুনের মত ইহাও কার্বন-ডাই-অক্সাইড শোষণ করে এবং $SrCO_3$ দেয়।

এই স্ট্রনসিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্ষারধর্মী এবং চুন অপেক্ষা ক্ষারত্ব বেশী। চিনির দ্রবণে দিলে ইহা একটি অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ দেয়, $2SrO, C_{12}H_{22}O_{11}$। গুড় হইতে চিনির স্ফটিক আলাদা করার জন্য ইহা কখনও কখনও প্রয়োগ করা হয়।

**স্ট্রনসিয়াম পার-অক্সাইড,** $SrO_2$। অতিরিক্ত চাপে 400°C-এ অক্সিজেন প্রবাহে স্ট্রনসিয়াম অক্সাইডকে তাপিত করিলে উহার পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। স্ট্রনসিয়াম লবণের উষ্ণ দ্রবণে (50°C) অ্যামোনিয়াযুক্ত $H_2O_2$ মিশাইলেও উহা প্রস্তুত হয়। $SrO_2, 8H_2O$ একটি সাদা পদার্থ হিসাবে বাহির হইয়া আসে।

**স্ট্রনসিয়াম সালফেট,** $SrSO_4$। স্ট্রনসিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট মিশাইলে, সাদা স্ট্রনসিয়াম সালফেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহা ক্যালসিয়াম সালফেট অপেক্ষা অনেক বেশী অদ্রাব্য, অ্যামোনিয়াম সালফেটেও অদ্রবণীয়। উত্তপ্ত গাঢ় $H_2SO_4$-এ একটি যুতযৌগিক $SrSO_4, H_2SO_4$ উৎপন্ন করে।

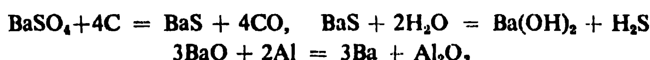
স্ট্রনসিয়ামের অন্যান্য লবণ, যথা নাইট্রেট, কার্বনেট, ক্লোরাইড ইত্যাদি ধর্মে, ব্যবহারে এবং প্রস্তুতিতে সম্পূর্ণই ক্যালসিয়ামের ঐসকল লবণের অনুরূপ।

## বেরিয়াম (Barium)

চিহ্ন, Ba ক্রমাঙ্ক, 56 পা: গুরুত্ব, 137.36 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $[Xe]6s^2$

অনেক সীসার খনিজের সঙ্গে বেরিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। বেরিয়ামের প্রধান খনিজ, হেভিস্পার (heavy spar), $BaSO_4$। ইহাছাড়া আছে উইদেরাইট (witherite), $BaCO_3$। অল্প পরিমাণে সিলোমিলেন (psilomelane), $BaO, MnO_2$ এবং বেরাইটো-ক্যালসাইট (barytocalcite), $BaCO_3, CaCO_3$ ইত্যাদিও পাওয়া যায়।

**১৪-৩৫। বেরিয়াম প্রস্তুতি।** (১) স্ট্রনসিয়াম যেরূপ থারমাইট পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়। সেই ভাবেই বেরিয়ামও উহার সালফেট হইতে পাওয়া যায়:



$$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO, \quad BaS + 2H_2O = Ba(OH)_2 + H_2S$$
$$3BaO + 2Al = 3Ba + Al_2O_3$$

কোকদ্বারা বিজারিত হইলে $BaSO_4$ সালফাইডে পরিণত হয়। উহাকে স্টীমদ্বারা অক্সাইডে পরিবর্তিত করিয়া বিচূর্ণ অ্যালুমিনিয়ামদ্বারা উচ্চতাপে বিজারণ করিলে বেরিয়াম ধাতু পাওয়া যায়।

(২) বেরিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়াও বেরিয়াম পাওয়া সম্ভব। তড়িৎ-বিশ্লেষক-সেলে মারকারির ক্যাথোড ব্যবহার করা হয়। বিদ্যুৎদ্বারা লবণের বিশ্লেষণে বেরিয়াম মারকারির ক্যাথোডে গিয়া পারদ-সংকর সৃষ্টি করে। শূন্যচাপে প্রায় 1200°C উষ্ণতায় এই পারদসংকরের আংশিক পাতন করিয়া বেরিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

**১৪-৩৬। বেরিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহার।** বেরিয়াম একটি সাদা উজ্জ্বল, নরম ধাতু কিন্তু অপেক্ষাকৃত ভারী (d = 3.78)। বাতাসের সংস্পর্শে বিচূর্ণ বেরিয়াম আসিলেই উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং অক্সাইডে পরিণত হয়। জল এবং কোহলের সঙ্গে ধাতুটি তৎক্ষণাৎ বিক্রিয়া করে এবং $H_2$-গ্যাস পাওয়া যায়। ইহার অন্যান্য সব ধর্মই ক্যালসিয়াম ও স্ট্রনসিয়ামের মত, তবে সক্রিয়তা উহাদের অপেক্ষা অধিক। তাপিত অবস্থায় ধাতুটি সরাসরি অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হয় এবং বিভিন্ন পদার্থ উৎপাদন করে।

কোন কোন লেড-নির্মিত যন্ত্রাংশের জন্য ক্যালসিয়াম-বেরিয়ামযুক্ত লেডের সংকর ব্যবহার হয়, যেমন, আল্‌কো বা ফ্রেয়ারী সংকর (Pb, Ca, Ba)। অধুনা কিছু অ্যালুমিনিয়াম সংকরেও সামান্য বেরিয়াম মিশ্রিত করা হয়।

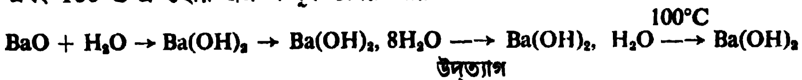
**১৪-৩৭। বেরিয়ামের যৌগ। বেরিয়াম অক্সাইড, BaO।** বেরিয়াম নাইট্রেটের তাপ-বিভাজন হইতে বেরিয়াম অক্সাইড তৈয়ারী করাই সব থেকে সহজ। $2Ba(NO_3)_2 \rightarrow 2BaO + 4NO_2 + O_2$। কার্বনেট খনিজকে কোকচূর্ণসহ উত্তপ্ত করিলেও বেরিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়;



$$BaCO_3 + C \xrightarrow{800°C} BaO + 2CO$$

সাদা রংয়ের এই পদার্থটি গলনরোধী। স্বচ্ছন্দে উহা জল শোষণ করিয়া $Ba(OH)_2$-এ পরিণত হয় এবং যথেষ্ট তাপ-উদ্গিরণ হয়। জলে অক্সাইড যথেষ্টই দ্রাব্য এবং দ্রবণটি তীব্রক্ষারগুণসম্পন্ন। এই দ্রবণকে 'ব্যারাইটা' (Baryta) বলা হয়। বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ হইতে কঠিনাকার $Ba(OH)_2, 8H_2O$ অধঃক্ষেপ পড়ে। হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ বাতাসের $CO_2$ শোষণ করে এবং $BaCO_3$-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। অতিরিক্ত $CO_2$-এ বেরিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রবণ পাওয়া যায়, $Ba(HCO_3)_2$।

বেরিয়াম অক্সাইড সাদা গলনরোধী একটি পদার্থ। উহা যথেষ্ট তাপ-উদ্গিরণ সহ জল শোষণ করে। জলেও এই অক্সাইড যথেষ্ট দ্রব হয় এবং দ্রবণটি ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর তীব্রক্ষারগুণাত্মক। বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণকে সচরাচর ব্যারাইটা (Baryta) বলা হয়। ব্যারাইটাদ্রবণ চুনের জলের মত $CO_2$-গ্যাস শোষণ করিয়া সাদা বেরিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ দেয়। বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ হইতে $Ba(OH)_2, 8H_2O$ স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই স্ফটিক উদ্‌ত্যাগী এবং 100°C-এ উহার জল সম্পূর্ণ উবিয়া যায়:

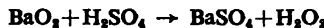


$$BaO + H_2O \rightarrow Ba(OH)_2 \rightarrow Ba(OH)_2, 8H_2O \xrightarrow[\text{উদ্‌ত্যাগ}]{} Ba(OH)_2, H_2O \xrightarrow{100°C} Ba(OH)_2$$

**বেরিয়াম পার-অক্সাইড,** $BaO_2$। বেরিয়াম অক্সাইডকে শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসে বা $CO_2$-মুক্ত শুষ্ক বাতাসে 500°C পর্যন্ত তাপিত করিলে উহা পার-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। $2BaO+O_2 \rightarrow 2BaO_2$ $(\Delta H = -24.2\ Kcal)$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া 800°C করিলে পার-অক্সাইড আবার ভাঙ্গিয়া পুনরায় বেরিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়। এইরূপে বাতাস হইতে বেরিয়াম অক্সাইডের মাধ্যমে অক্সিজেন পৃথক করা সম্ভব। এই পদ্ধতির নাম 'ব্রীন-পদ্ধতি' (Brin's process)।

বর্ণহীন বেরিয়াম পার-অক্সাইড জলে প্রায় অদ্রবণীয়। কিন্তু জলে প্রলম্বিত অবস্থায় সাধারণ উষ্ণতায় উহাতে $CO_2$-গ্যাস দিলে বা লঘু $H_2SO_4$ দিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

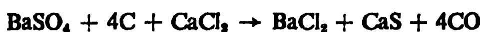


$$BaO_2+H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4+H_2O_2$$

বেরিয়াম পার-অক্সাইড থারমাইট পদ্ধতিতে প্রজ্জ্বালক হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করিতে প্রয়োজন হয়।

**বেরিয়াম ক্লোরাইড,** $BaCl_2, 2H_2O$। বেরিয়াম কার্বনেট চূর্ণ এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে বেরিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

ব্যারাইট-খনিজকে বিচূর্ণ করিয়া কোক এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সহ খুব তাপিত করিলেও বেরিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়। প্রক্রিয়া শেষে মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া গরম জলদ্বারা অপক্ষালিত (leaching) করিলে $BaCl_2$-এর দ্রবণ পাওয়া যায়; উহার CaS চুন মিশাইয়া CaO.CaS-রূপে দূর করিয়া লওয়া প্রয়োজন।



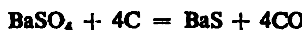
$$BaSO_4 + 4C + CaCl_2 \rightarrow BaCl_2 + CaS + 4CO$$

বেরিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন স্ফটিকাকার পদার্থ, জলে দ্রবণীয় কিন্তু কোহলে অদ্রাব্য।

সালফেট আয়নের নির্দেশকরূপে এবং কোন কোন রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিকারকরূপে ইহা ব্যবহার হয়।

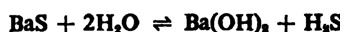
**বেরিয়াম সালফেট,** $BaSO_4$। প্রকৃতিতে ব্যারাইট খনিজই $BaSO_4$। কোন বেরিয়াম লবণের দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে উহার সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। জলে বা লঘু অ্যাসিডে উহা অদ্রাব্য। 1500°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলেও উহার কোন পরিবর্তন দেখা যায় না। গাঢ় উত্তপ্ত $H_2SO_4$-অ্যাসিডের সঙ্গে উহা $Ba(HSO_4)_2$, আম্লিক লবণ উৎপাদন করে।

কোকচূর্ণের সঙ্গে উত্তাপে উহা বিজারিত হইয়া বেরিয়াম সালফাইড দেয়,



$$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO$$

BaS জলে, কিছু দ্রবণীয়, কিন্তু জলীয় দ্রবণ আদ্র'-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। (মৃৎক্ষার ধাতুর সালফাইডের বিশেষত্ব)।



$$BaS + 2H_2O \rightleftharpoons Ba(OH)_2 + H_2S$$

BaS-এর অনুপ্রভাগুণ আছে। এই জন্য উহা রংয়ের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয় যাহাতে অন্ধকারেও অনুপ্রভার জন্য উহা দেখা যায়।

**বেরিয়াম নাইট্রেট, $Ba(NO_3)_2$।** বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া উহা ছাঁকিয়া পরিস্রুতটি ঘন করা হয়। তখন দ্রবণ হইতে বেরিয়াম নাইট্রেট স্ফটিক বাহির হইয়া আসে।

লবণটি বর্ণহীন, জলে দ্রবণীয়, কিন্তু কোহলে বা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। উত্তাপে উহা বিভাজিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। বেরিয়াম নাইট্রেট রঙীন বাজী-প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয় এবং বেরিয়াম অক্সাইড ও পার-অক্সাইড তৈয়ারী করিতে প্রয়োজন হয়।

বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে ক্ষারধাতুর ক্রোমেট দ্রবণ মিশাইলে জলে অদ্রাব্য হলুদ **বেরিয়াম ক্রোমেট, $BaCrO_4$** অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম ক্রোমেট অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু খনিজ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

**বেরিয়াম কার্বনেট, $BaCO_3$।** প্রকৃতিতে উইদেরাইট খনিজরূপে বেরিয়াম কার্বনেট রহিয়াছে। সচরাচর বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাইয়া সাদা বেরিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপ সংগৃহীত হয়। এই অনিয়তাকার কার্বনেট জলে বিশেষ দ্রব হয় না, অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে $CO_2$ উৎপন্ন করে।

উচ্চ প্রতিসরাঙ্কবিশিষ্ট কাচ-প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করা হয়। অনেক সময় সাদা বার্ণিশ রং করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

## ১৪-৩৮। ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম এবং বেরিয়ামের লবণের পরীক্ষা।

(১) বুনসেন দীপশিখায় এই তিনটির যৌগ বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি করে:

(ক) ক্যালসিয়াম — ক্ষণস্থায়ী ইটের মত লাল শিখা;
(খ) স্ট্রনসিয়াম — উজ্জ্বল গাঢ় লাল শিখা;
(গ) বেরিয়াম — ঘাসের মত সবুজ কিন্তু উজ্জ্বল দীর্ঘস্থায়ী শিখা।

(২) ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম ও বেরিয়াম লবণ মিশ্রিত থাকিলে উহাদের নিম্নলিখিত উপায়ে পৃথক করা ও সনাক্ত করা যায়:

মিশ্র দ্রবণকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডদ্বারা অম্লীকৃত করিয়া উহাতে পটাস-ক্রোমেট দিলে কেবলমাত্র বেরিয়াম ক্রোমেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। তৎপর পরিস্রুতের এক অংশ লইয়া উহাতে সম্পৃক্ত $CaSO_4$ দ্রবণ মিশাইয়া ফুটাইলে সাদা স্ট্রনসিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

পরিস্রুতের অপর অংশ লইয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফুটাইলে সম্পূর্ণ স্ট্রনসিয়াম সালফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহা ছাঁকিয়া অপসারিত করিয়া দ্রবণটিকে অ্যামোনিয়া মিশাইয়া ক্ষারীয় করিয়া অ্যামোনিয়াম অক্সালেট দ্রবণ মিশাইলে সাদা ক্যালসিয়াম অক্সালেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

### অনুশীলনী

১। ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়ামের সঙ্গে অপর উপশ্রেণীর জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম ও মারকারির তুলনামূলক আলোচনা কর এবং ম্যাগনেসিয়ামের এই দুই শাখার সঙ্গে কিরূপ সম্পর্ক বিবৃত কর। [বেনারস বিশ্বঃ)

২। "ম্যাগনেসিয়াম দ্বিতীয় শ্রেণীর প্রকৃত আদর্শ মৌল।"—ব্যাখ্যা কর।

৩। বেরিলিয়াম ধাতুটির উৎপাদন করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। উহার রাসায়নিক ধর্মের উল্লেখ কর। উহার কি ব্যবহার আছে? [লক্ষ্ণৌ বিশ্বঃ]

৪। সিমেন্ট-তৈরীর পদ্ধতির বিবরণ দাও। উহা কিভাবে কঠিনাকার ধারণ করে?

৫। নিম্নোক্ত দ্রব্যগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় এবং উহারা কি প্রয়োজনে লাগে? (ক) সুপারফসফেট অব লাইম (খ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (গ) বেরিয়াম সালফাইড (ঘ) লিথোপোন। (ঙ) ক্যালসিয়াম সায়নামাইড। [বোম্বে বিশ্বঃ; ও কলিকাতা বিশ্বঃ]

৬। ম্যাগনেসিয়াম কোন্ কোন্ আকরিক হইতে পাওয়া যায়? কিভাবে এই ধাতুটি উৎপাদন করা হয়? উহার ধর্মগুলির উল্লেখ কর এবং উহার সংকর-ধাতুগুলির উপাদান সহ উল্লেখ কর। [কলিকাতা বিশ্বঃ]

৭। নিম্নলিখিত পদার্থসমূহ কিভাবে তৈয়ারী করা হয়? (ক) ক্যালসিয়াম (খ) ক্যালসিয়াম অক্সাইড (গ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (ঘ) প্লাস্টার অব প্যারিস। প্রত্যেকটির উপর জলের কিরূপ বিক্রিয়া হয়?

৮। বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুত করার পদ্ধতি বিবৃত কর। উহা কি প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। ইহার সংকেত কিরূপে স্থির করা হইয়াছে? বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে কি পরিমাণ ক্লোরিন পাওয়া যাইবে তাহা কিভাবে স্থির করা হয়? [নাগপুর বিশ্বঃ]

৯। সমুদ্র-জল হইতে কিভাবে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পাওয়া যায়? ম্যাগনেসিয়া মিকশ্চার এবং আর্সেনেট-দ্রবণের সঙ্গে কি বিক্রিয়া হয় সমীকরণ সহ বুঝাইয়া দাও। [কলিকাতা বিশ্বঃ]

১০। টীকা লিখ: (ক) অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (খ) প্লাস্টার অব প্যারিস (গ) সোরেল সিমেন্ট (ঘ) কলিচুন (ঙ) বেরিয়াম পারঅক্সাইড।

# দ্বিতীয় শ্রেণীর মৌল—জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম, মারকারি

দ্বিতীয় শ্রেণীর B-উপশাখায় তিনটি মৌল আছে—জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম এবং মারকারি। ইহাদের নিজেদের ভিতর যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে তাহা পূর্বের পরিচ্ছেদে আলোচিত হইয়াছে। এইখানে এই তিনটি মৌল এবং উহাদের যৌগগুলির প্রস্তুতি ও ধর্মের উল্লেখ করা হইবে।

## জিঙ্ক (দস্তা)

চিহ্ন Zn, ক্রমাঙ্ক 30, পাঃ গুরুত্ব 65.85, ইলেকট্রন বিন্যাস, $[Ar]3d^{10}4s^2$

প্রকৃতিতে সমস্ত জিঙ্কই যৌগাবস্থায় থাকে। উহার প্রধান আকরিক:

(১) জিঙ্ক ব্লেণ্ড, $ZnS$ (২) ক্যালামাইন, $ZnCO_3$ (৩) জিঙ্কাইট, $ZnO$ (৪) ফ্রাঙ্কলিনাইট, $ZnO, Fe_2O_3$।

অধিকাংশ জিঙ্কই উহার সালফাইড আকরিক জিঙ্কব্লেণ্ড হইতে প্রস্তুত করা হয়। কখন কখনও ক্যালামাইন ব্যবহার করা হয়।

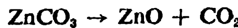
**১৫-১। প্রস্তুতি।** (১) জিঙ্কব্লেণ্ড হইতে প্রস্তুত করার সময় আকরিকটিকে বিচূর্ণ করিয়া তেল-জলের সঙ্গে মিশাইয়া উহাতে বাতাসের স্রোত প্রবাহিত করা হয়। তাহাতে ফেনার সঙ্গে সালফাইড তেলের স্তরে ভাসিয়া আসে। অনেকটা অপদ্রব্য জলের নীচে থিতাইয়া যায়। এইরূপে আকরিকটির গাঢ়ীকরণ করা হয়।

ইহার পর উহাকে তাপজারিত করিয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত করা প্রয়োজন। বাতাসে উত্তপ্ত করিলে জিঙ্কসালফাইড জিঙ্ক অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা এবং বায়ুপ্রবাহ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন যাহাতে $ZnSO_4$ না হয়।



$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \quad (300°C)$$

ক্যালামাইন খনিজ লইলে উহা উত্তাপেই ভাঙিয়া অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$ZnCO_3 \rightarrow ZnO + CO_2$$

জিঙ্ক ব্লেণ্ডের তাপজারণ প্রক্রিয়াটি একটি হেরেসফ্ চুল্লীতে করা হয় (চিত্র ১৫-ক)। চুল্লীটি একটি উচু গোলাকার ড্রামের মত। ইস্পাতের তৈয়ারী হইলেও উহার দেওয়ালের অভ্যন্তর অগ্নিসহ-ইষ্টকের দ্বারা আবৃত। চুল্লীর ভিতরে অনেকগুলি অগ্নিসহ-ইটের তৈয়ারী তাক আছে (চিত্র ১৫-ক)। চুল্লীর উপরে দুইটি প্রবেশ-দ্বার আছে। ইহাদের ভিতর দিয়া জিঙ্ক-ব্লেণ্ড চুল্লীর মধ্যে দেওয়া হয়। চুল্লীটির ঠিক মধ্যস্থলে একটি খাড়া দণ্ড আছে। এই দণ্ড হইতে বাহুর অনুরূপ অনেকগুলি আলোড়ক বাহির হইয়াছে। মধ্যস্থিত দণ্ডটি বাহির হইতে সর্বদা আস্তে আস্তে ঘুরান হয়। ফলে আলোড়ক-বাহুগুলি বিভিন্ন তাকের জিঙ্ক-সালফাইডকে ধীরে ধীরে উপর হইতে নীচের দিকে পরিচালিত করিয়া দেয়। চুল্লীর নীচের দিকে একটি নলের সাহায্যে উহার ভিতরে উত্তপ্ত বায়ু-

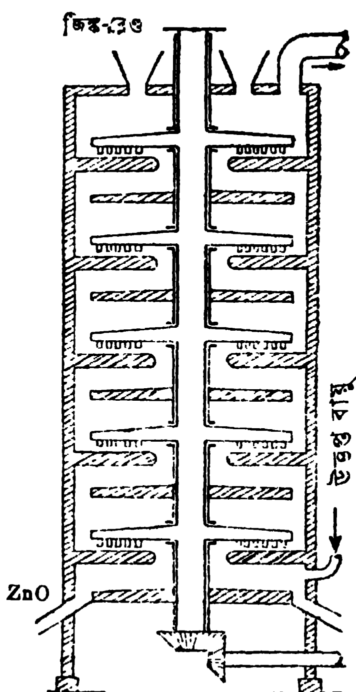
প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। এই উত্তপ্ত বায়ুর দ্বারা জিঙ্ক-সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লীর নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয়।

**জিঙ্ক-অক্সাইডের বিজারণ।** অতঃপর জিঙ্ক-অক্সাইডের সহিত উহার এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ ওজনের বিচূর্ণ কোক মিশ্রিত করিয়া উহাকে ছোট ছোট বকযন্ত্রে তাপিত করা হয়। জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া জিঙ্ক-ধাতুতে পরিণত হয়।



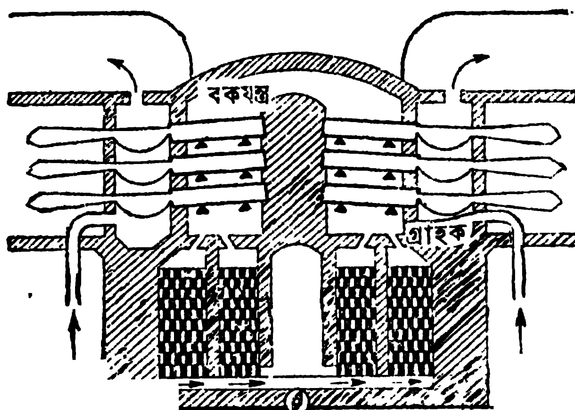
$$ZnO + C = Zn + CO$$

একটি বিশেষ রকমের চুল্লীতে এই প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি চুল্লীতে অগ্নিসহ মৃত্তিকার তৈয়ারী ছোট ছোট প্রায় ষাটটি বকযন্ত্রে জিঙ্ক-অক্সাইড ও কোকের মিশ্রণ লওয়া হয়। এক একটি বকযন্ত্রে প্রায় আধমণ মিশ্রণ থাকে। চুল্লীর ভিতরে এই মাটির বকযন্ত্রগুলি উপর হইতে নীচে তিনটি সারিতে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের মুখের দিকটি সামান্য ঢালু অবস্থায় চুল্লীর বাহিরের দিকে থাকে। সমস্ত চুল্লীটি আবৃত থাকে এবং নীচ হইতে গ্যাস-জ্বালানীর সাহায্যে বকযন্ত্রগুলিকে প্রায় 1200°C-এ তাপিত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখে মাটির তৈয়ারী একটি গ্রাহক সংলগ্ন থাকে এবং উহার সহিত আর একটি লোহার তৈয়ারী শীতক নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। উত্তাপে (1000°C) কার্বনদ্বারা জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস শীতকের মুখে আসিয়া ঈষৎ-নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। যখন বিজারণ-ক্রিয়া শেষ হইয়া আসে এবং উষ্ণতাও বৃদ্ধি পায়, তখন জিঙ্কও উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া উজ্জ্বল সাদা শিখা সহ জ্বলিতে আরম্ভ করে। কার্বন-মনোক্সাইডের শিখা শেষ হইলেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে বুঝা যায়। ইতিমধ্যে অধিকাংশ উৎপন্ন জিঙ্ক পাতিত হইয়া আসিয়া গ্রাহকের ভিতর সঞ্চিত হয়। খানিকটা জিঙ্কবাষ্প লোহার শীতকেও ঘনীভূত হয়। শীতকের জিঙ্কের সহিত কিছু জিঙ্ক-অক্সাইডও থাকে—ইহাকে জিঙ্ক-ডাস্ট বা দস্তারজঃ বলে (চিত্র ১৫-খ)।



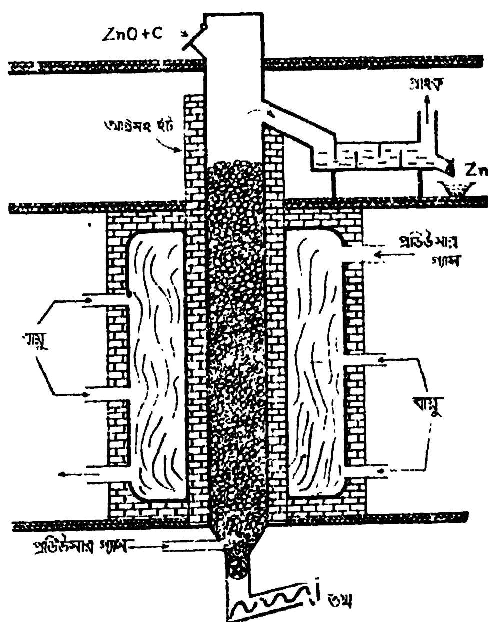

চিত্র ১৫-ক। হেরেসফ্ চুল্লী

এই তাপ-বিজারণ প্রক্রিয়াটি আজকাল একটি নতুন ধরণের চুল্লীতে করা হইতেছে। চুল্লীটি চতুষ্কোণ এবং লম্বা খাঁড়াভাবে দাড়ান থাকে, অগ্নিসহ সিলিকন কার্বাইডের ইটের তৈয়ারী (চিত্র ১৫-গ)। উহার চারিদিকে প্রডিউসার গ্যাস জ্বালাইয়া উহাকে উত্তপ্ত




চিত্র ১৫-খ। জিঙ্ক প্রস্তুতি

রাখা হয়। উপরে একটি প্রবেশদ্বার দিয়া জিঙ্ক-অক্সাইড ও কার্বন ভিতরে দেওয়া হয়। বস্তুতঃ জিঙ্ক-অক্সাইড এবং বিচূর্ণ কার্বন মিশ্রণের ছোট ছোট ইষ্টক তৈয়ারী করিয়া তাহাই দেওয়া হয়। তাপমাত্রা প্রায় 1400°C হইলে বিজারণের ফলে ধাতব জিঙ্ক এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হইয়া উপরের একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে এবং শীতল এক প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। সেইখানে জিঙ্ক তরল হইয়া জমে এবং পাম্প করিয়া বাহির করিয়া আনা হয়; কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া যায়। অনুদ্বায়ী ধাতুমল এবং ভস্ম চুল্লীর নীচ হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। বিক্রিয়ার সঙ্গে সঙ্গে উপরের প্রবেশ পথে (ZnO + C)-এর মিশ্রিত ইষ্টক দেওয়া হয়, ফলে নিরবচ্ছিন্ন উৎপাদন চলিতে থাকে।




চিত্র ১৫-গ। নিরবচ্ছিন্ন জিঙ্ক উৎপাদন

এই সকল বিজারণ-চুল্লী হইতে যে ধাতু পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ নয়, উহার সঙ্গে লেড ক্যাডমিয়াম থাকেই, তাহাছাড়া সামান্য পরিমাণে আর্সেনিক, সিলিকন, কার্বন, জিঙ্ক-অক্সাইড

ও থাকে। এই ধাতুকে বলা হয় 'স্পেল্টার' (spelter)। স্পেল্টারকে শুদ্ধতর করা প্রয়োজন। একটি বড় রেটর্ট-চুল্লীতে ইহাকে গলাইয়া রাখিয়া দেওয়া হয়। অপেক্ষাকৃত ভারী লেড প্রভৃতি ধীরে ধীরে নীচের স্তরে আসিতে থাকে, উপরের স্তরে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ জিঙ্ক থাকে। উপরের তরল জিঙ্ক পৃথক করিয়া লইয়া একটি আবদ্ধ, পাত্র হইতে নিম্নচাপে পুনঃপুনঃ পাতন করা হয়। তখন বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাতিত হইয়া আসে।

ইহাছাড়া, তড়িৎ-বিশোধন পদ্ধতিও প্রয়োগ করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সেলে বিশুদ্ধ $ZnSO_4$-দ্রবণ এবং লঘু $H_2SO_4$ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে লওয়া হয়। স্পেল্টার জিঙ্কের অ্যানোড এবং অ্যালুমিনিয়ামের ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎপ্রবাহ দিলে, অ্যানোডের জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় এবং বিশুদ্ধ জিঙ্ক আসিয়া ক্যাথোডে জমা হয়।

(২) **সিক্ত পদ্ধতিতে জিঙ্ক ধাতুর প্রস্তুতি।** এই পদ্ধতিতে প্রথম প্রয়োজন গাঢ় জিঙ্ক ব্লেণ্ড খনিজকে ($ZnS$) জারিত করিয়া জিঙ্ক সালফেটে পরিণত করা। এইজন্য খনিজটিকে একটি চুল্লীতে 700°C তাপমাত্রায় অতিরিক্ত বাতাসে উত্তপ্ত করা হয়। তাপমাত্রা বেশী বাড়ান উচিত নয়, কারণ 767°C উষ্ণতায় জিঙ্ক সালফেটের বিভাজন হয়।



$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4 \qquad (650°—700°C)$$

তাহাছাড়া অতিরিক্ত উষ্ণতায় আকরিকের মধ্যে যে আয়রণ থাকে উহা $ZnO, Fe_2O_3$ তৈয়ারী করে এবং লেডও উহার অক্সাইড দ্বারা $ZnSO_4$-এর উৎপাদন প্রতিহত করে।

জারিত খনিজকে অতঃপর অপেক্ষাকৃত গাঢ় (28%) ও উষ্ণ $H_2SO_4$ দ্বারা অপক্ষালন করা হয়। জিঙ্ক সালফেট এবং জিঙ্ক অক্সাইড (যদি থাকে) উহাতে দ্রবিত হইয়া যায়। অন্যান্য অনেক পদার্থ যেমন কপার, আয়রণ, ক্যাডমিয়াম প্রভৃতিও দ্রবণে যায়। এই দ্রবণে তখন চুনগোলা মিশাইয়া আলোড়িত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম, আয়রণ প্রভৃতির হাইড্রক্সাইড এবং সিলিকা ক্যালসিয়াম সিলিকেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহাদের ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। অতঃপর পরিস্রুতের মধ্যে সামান্য কিছু জিঙ্ক দেওয়া হয় যাহাতে কপার ও ক্যাডমিয়াম প্রতিস্থাপিত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়।



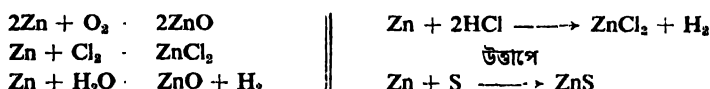
$$CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu; \qquad CdSO_4 + Zn = Cd + ZnSO_4$$

এখন Al-ক্যাথোড এবং Pb-অ্যানোড ব্যবহার করিয়া এই দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ক্যাথোডে বেশ শুদ্ধতর জিঙ্ক ধাতু পাওয়া যায়।

এই তড়িৎ-বিশ্লেষণে $ZnSO_4$-দ্রবণটি যথাসাধ্য বিশুদ্ধ রাখা প্রয়োজন। তাহা না হইলে ক্যাথোডে উহার সঙ্গে অন্যধাতু উৎসারিত হইয়া এক বিদ্যুৎ-সেল তৈয়ারী করিয়া জিঙ্ককে আবার আয়নিত করিয়া দিবে।

**জিঙ্কের ধর্ম।** জিঙ্ক ঈষৎ নীলাভ সাদা ধাতু, গলনাঙ্ক 419°C, স্ফুটনাঙ্ক, 907°C এবং ঘনত্ব, 7.14। আর্দ্র-বাতাসে থাকিলে উহার গায়ে একটি ক্ষারকীয় জিঙ্ক কার্বনেটের প্রলেপ [$2ZnCO_3, 3Zn(OH)_2$] বা স্তর পড়ে, এইজন্য উহার ধাতব দ্যুতি সহজে চোখে পড়ে না। সাধারণ উষ্ণতায় এবং 200°C-এর উপরের উষ্ণতায় জিঙ্ক বেশ শক্ত এবং ভঙ্গুর; কিন্তু 100° ~ 150°C-এ উহার ঘাতসহতা এবং নমনীয়তা বেশ বৃদ্ধি পায় এবং এই অবস্থায় জিঙ্কের চাদর প্রভৃতি তৈয়ার করা যায়।

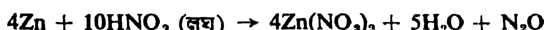
জিঙ্ক শুষ্ক বাতাসে আক্রান্ত হয় না। কিন্তু উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং উহার অক্সাইড পাওয়া যায়। স্টীম উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। লঘু HCl, $H_2SO_4$ প্রভৃতি হইতেও জিঙ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। ক্লোরিনের সঙ্গে জিঙ্ক সরাসরি যুক্ত হয়।



$2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$
$Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$
$Zn + H_2O \rightarrow ZnO + H_2$

$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$
$Zn + S \xrightarrow{\text{উত্তাপে}} ZnS$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিঙ্কের বিক্রিয়া অ্যাসিডের ঘনত্বের উপরে নির্ভর করে।



$$4Zn + 10HNO_3 \text{ (লঘু)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$$



$$Zn + 4HNO_3 \text{ (গাঢ়)} \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

ক্ষারক দ্রবণের সঙ্গেও জিঙ্ক বিক্রিয়া করে এবং জিঙ্কেট লবণ দেয়—



$$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$$

জিঙ্ক উহার চেয়ে অধিকতর পরাধর্মী ধাতুকে তাহাদের লবণের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করে।



$$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu; \qquad Zn + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$

জিঙ্ক সরাসরি নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস-প্রবাহ দিলে জিঙ্ক নাইট্রাইড হয়।



$$3Zn + 2NH_3 \rightarrow Zn_3N_2 + 3H_2$$

**জিঙ্কের ব্যবহার।** বিভিন্ন বৈদ্যুতিক সেল ও ব্যাটারীতে জিঙ্কের প্রয়োজন হয়। লোহার জিনিস মরিচা হইতে রক্ষা করার নিমিত্ত দস্তা-লিপ্ত করা হয়। এই জন্য ঐ সকল জিনিস গলিত জিঙ্কে ডুবাইয়া লওয়া হয়। ফলে জিনিসের উপর দস্তার একটি প্রলেপ পড়ে। ঘরের 'টিন', জলের বালতি প্রভৃতির উপর এইরূপ দস্তার প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাকে দস্তালেপন 'Galvanisation' বলে। অনেক সময় বিচূর্ণ দস্তারজঃ লোহার জিনিসের উপর মাখাইয়া উহাকে চুল্লীতে গরম করা হয়। ফলে, লোহার উপর দস্তার একটি দৃঢ় আবরণের সৃষ্টি হয়; ইহাকে "Sherardisation" বলে।

ইহা ছাড়া অনেক রকম ধাতুসঙ্কর প্রস্তুতিতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়। তন্মধ্যে পিতলই প্রধান (Brass); তামা এবং দস্তার সমন্বয়ে পিতল তৈয়ারী হয়। অনেক মুদ্রাতে জিঙ্ক অন্যতম উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়।

পিতল— Cu 70%, Zn 30%,
জার্মান সিলভার— Cu 50%, Zn 30%, Ni 20%
'ডাচ্‌মেটাল'— Cu 80%, Zn 20%
'ডেল্‌টা মেটাল'— Cu 55%, Zn 41%, Fe 4% ইত্যাদি

'জিঙ্ক অক্সাইড' (সাদা রং) প্রস্তুতিতে প্রচুর জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়। সীসা হইতে সিলভার পৃথক করিতে জিঙ্ক প্রয়োজন (পার্কস্ পদ্ধতি)। ছাপার ব্লক তৈয়ারী করিতেও জিঙ্ক লাগে।

## জিঙ্কের যৌগসমূহ

**১৫-২। জিঙ্ক অক্সাইড, ZnO।** উত্তপ্ত বায়ুতে জিঙ্ক ধাতু পুড়িয়া সাদা জিঙ্ক অক্সাইড ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। এই ধোঁয়া ঘনীভূত করিলে অনিয়তাকার জিঙ্ক অক্সাইড পাউডার পাওয়া যায়।

জলে অদ্রাব্য এই অক্সাইড উভধর্মী; অ্যাসিডের এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে:



$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O; \quad ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$$

উত্তপ্ত অবস্থায় জিঙ্ক ঈষৎ হরিদ্রাভ কিন্তু ঠাণ্ডাতে উহা সম্পূর্ণ সাদা। উত্তপ্ত ZnO-এ একফোঁটা কোবাল্ট-নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইয়া আবার উত্তপ্ত করিলে, সুন্দর সবুজ কোবাল্ট-জিঙ্কেট $CoZnO_2$ পাওয়া যায়, উহাকে বলে 'রিনম্যান গ্রীন' (Rinman's green)।

দরজা, জানালা, কড়ি-বরগা ইত্যাদির সাদা রং-বাণিশের কাজে জিঙ্ক-অক্সাইড ব্যবহার হয়। রাবার, অয়েলক্লথ, এনামেল, চিক্কনলেপ (glazes) তৈয়ারী করার সময় পরিপূরক হিসাবে জিঙ্ক-অক্সাইড ব্যবহার হয়।

**১৫-৩। জিঙ্ক-হাইড্রক্সাইড, $Zn(OH)_2$।** জিঙ্ক লবণের দ্রবণে লঘু NaOH-এর বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্ক-হাইড্রাক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

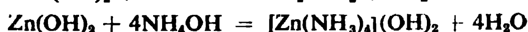


$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$$

উত্তাপে ইহার জল উদ্বায়িত হইয়া যায় এবং উহা ZnO-এ পরিণত হয়। জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড কস্টিক সোডা এবং অ্যামোনিয়া উভয়েতেই দ্রবিত হয়। সোডিয়াম জিঙ্কেট এবং জিঙ্ক-অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড হয়।



$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$



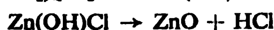
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

**১৫-৪। জিঙ্ক-ক্লোরাইড, $ZnCl_2, 2H_2O$।** লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিঙ্ক ধাতু বা উহার কার্বনেট বা অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্ক ক্লোরাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণ হইতে $ZnCl_2, 2H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত হয়।

কিন্তু এই স্ফটিক উত্তপ্ত করিয়া অনার্দ্র জিঙ্ক-ক্লোরাইড পাওয়া যায় না। কারণ, উত্তাপে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$ZnCl_2, 2H_2O \rightarrow Zn(OH)Cl + HCl + H_2O$$



$$Zn(OH)Cl \rightarrow ZnO + HCl$$

অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড তৈয়ারী করিতে হইলে উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া $Cl_2$ অথবা HCl গ্যাস চালনা করিতে হয়। কিংবা জিঙ্ক এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড একত্র উত্তপ্ত করিতে হয়, মারকারি উদ্বায়িত হইয়া যায়:



$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2; \quad Zn + HgCl_2 = ZnCl_2 + Hg$$

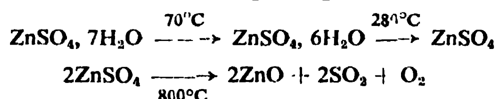
অনার্দ্র $ZnCl_2$ অত্যন্ত উদ্‌গ্রাহী যৌগ এবং সেইজন্য শোষকাধারে ব্যবহার হয়। অনেক জৈব রাসায়নিক সংশ্লেষণেও অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়। উহা জল, কোহল,

অ্যাসিটোন, ইথারে দ্রবণীয়। জিঙ্ক ক্লোরাইডের দ্রবণ জীবাণুনাশক এবং উহার বিদাহী-গুণ (caustic) আছে। শল্য-চিকিৎসার যন্ত্রাদির নির্বীজনে ইহা ব্যবহার হয়। পচন হইতে কাঠ রক্ষা করার জন্যও ইহা প্রয়োজন হয়।

[অন্যান্য জিঙ্ক-হ্যালাইড একই উপায়ে প্রস্তুত করা হয় এবং উহাদের ধর্মেরও সাদৃশ্য আছে]

**১৫-৫। জিঙ্ক সালফেট, $ZnSO_4$, $7H_2O$।** জিঙ্ক ধাতু অথবা উহার অক্সাইড বা কার্বনেটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ পাওয়া যায়। ঐ দ্রবণ গাঢ় করিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে $ZnSO_4$, $7H_2O$ বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। ইহার অপর এক চলিত নাম, "হোয়াইট ভিট্রিয়ল (white vitriol)।

ইহা একটি উদ্ত্যাগী লবণ, জলে অতিশয় দ্রাব্য। উত্তাপে ইহার সাতটি জলের অণুর মধ্যে 70°C-এ একটি উবিয়া যায় এবং $ZnSO_4$, $6H_2O$ পাওয়া যায়। আরও তাপমাত্রা বাড়াইলে, 280°C-এ উহা সম্পূর্ণ অনাদ্র হইয়া পড়ে। যদি 800°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় তবে উহার বিভাজন ঘটে এবং $SO_2$ ও $O_2$ উৎপন্ন হয়।



$$ZnSO_4, 7H_2O \xrightarrow{70^\circ C} ZnSO_4, 6H_2O \xrightarrow{280^\circ C} ZnSO_4$$

$$2ZnSO_4 \xrightarrow[800^\circ C]{} 2ZnO + 2SO_2 + O_2$$

জিঙ্ক সালফেট কেলাস ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ (ফেরাস), নিকেল প্রভৃতির সালফেটের সমাকৃতিক। ইহাদের সবগুলিতেই সাতটি করিয়া কেলাস-জলের অণু রহিয়াছে। $ZnSO_4$, $7H_2O$; $MgSO_4$, $7H_2O$; $FeSO_4$, $7H_2O$; $NiSO_4$, $7H_2O$; ইত্যাদি। জিঙ্ক সালফেট পটাসিয়াম (বা অ্যামোনিয়াম) সালফেটের সঙ্গে দ্বিযৌগিক লবণ তৈয়ারী করে, $K_2SO_4$, $ZnSO_4$, $6H_2O$। উপরোক্ত অন্যান্য সালফেটেরও ঐরূপ লবণ আছে—$K_2SO_4$, $FeSO_4$, $6H_2O$; $(NH_4)_2SO_4$, $MgSO_4$, $6H_2O$ ইত্যাদি।

জিঙ্ক সালফেটের নানা ব্যবহার আছে। বস্ত্ররঞ্জনে ছাপানোর কাজে, চামড়া ও কাঠের পচন নিবারকরূপে, কোন কোন রং-বার্নিশে, কোন বস্তুর উপর অগ্নি-নিরোধী প্রলেপ দিতে, জিঙ্ক সালফেট ব্যবহার হয়। সামান্য কিছু ঔষধরূপেও ব্যবহৃত হয়।

**১৫-৬। জিঙ্ক সালফাইড, ZnS।** প্রকৃতিজাত খনিজ জিঙ্ক ব্লেণ্ড জিঙ্কের সালফাইড, ZnS, জিঙ্ক অক্সাইডকে সালফার সহ উত্তপ্ত করিয়া জিঙ্ক সালফাইড প্রস্তুত করা যায়।



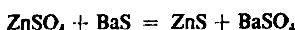
$$2ZnO + 3S = 2ZnS + SO_2$$

ল্যাবরেটরীতে জিঙ্কসালফেট দ্রবণে ঈষৎ আম্লিক অবস্থায় $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

এই সালফাইড জল অথবা ক্ষারদ্রবণে দ্রবীভূত হয় না। অ্যাসেটিক অ্যাসিডেও অদ্রাব্য, কিন্তু খনিজ অ্যাসিডে ইহা দ্রবীভূত হয়।

জিঙ্ক সালফাইডের সঙ্গে যদি সামান্য পরিমাণও ভারী কোন ধাতুর যৌগ মিশ্রিত থাকে, তাহা হইলে ইহা 'অনুপ্রভ' (phosphorescent) হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায়

জিঙ্কসালফাইডের অনুপ্রভা পরিলক্ষিত হয় না। দশ লক্ষ ভাগে একভাগ কপার থাকিলেও জিঙ্ক সালফাইডের উপর সবুজ অনুপ্রভা দেখা যায়। সাধারণ আলো বা রঞ্জনরশ্মি বা অতিবেগুনী রশ্মি হইতে শক্তি শোষণ করার ফলে উহার ইলেকট্রন ভিতর হইতে বাহিরের স্তরে চলিয়া আসে। এই ইলেকট্রন যখন স্বস্থানে ফিরিয়া যায় তখন আহৃত শক্তি আলোক তরঙ্গের আকারে ধীরে ধীরে বাহির হয়—সেইটিই অনুপ্রভার কারণ। তেজস্ক্রিয়জাত $\alpha$- কিংবা $\beta$-রশ্মি ZnS-এর উপর কোন স্থানে আসিয়া পড়িলে সেখানে তীব্র আলো বিকীর্ণ হয়। এইজন্য তেজস্ক্রিয় পদার্থের পরীক্ষায় ZnS-এর অনুপ্রভা পর্দা ব্যবহার করা হয়। **'লিথোপোন'**—জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে বেরিয়াম সালফাইড দিলে বেরিয়াম সালফেট ও জিঙ্ক সালফাইডের মিশ্র অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে ছাঁকিয়া উত্তপ্ত করিলে যে মিহি সাদা পাউডার পাওয়া যায় উহা সাদা রঙ হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়। ইহারই নাম 'লিথোপোন' (Lithopone)।



$$ZnSO_4 + BaS = ZnS + BaSO_4$$

**১৫-৭। জিঙ্ক কার্বনেট, $ZnCO_3$।** জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে সোডিয়াম বাইকার্বনেট মিশাইলে জিঙ্ক-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$ZnSO_4 + 2NaHCO_3 = ZnCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

এই অনিয়তাকার কার্বনেট সাদা, জলে অদ্রাব্য, এবং উত্তাপে ভাঙ্গিয়া $CO_2$-গ্যাস দেয়।

বাইকার্বনেটের বদলে সোডিয়াম কার্বনেট দিলে ক্ষারকীয় কার্বনেট পাওয়া যায়; যেমন, $3Zn(OH)_2, 2ZnCO_3$।

**১৫-৮। জিঙ্ক যৌগের পরীক্ষা।** (১) জিঙ্কের যৌগটিকে চারকোলের খোলে লইয়া কোবাল্ট-নাইট্রেট পরীক্ষা করিলে সুন্দর সবুজ কোবাল্ট জিঙ্কেট—'রীনম্যান গ্রীন' পাওয়া যায় (ZnO-দ্রষ্টব্য)।

(২) জিঙ্ক লবণের দ্রবণে হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইড মিশাইলে সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ ক্ষার বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রব হয় না, কিন্তু লঘু HCl-এ দ্রব হয়।



$$ZnSO_4 + NH_4HS + NH_3 = ZnS + (NH_4)_2SO_4$$

মাত্রিক পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে দ্রবণ হইতে জিঙ্ককে জিঙ্ক-অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট রূপে সম্পূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। পরে এই অধঃক্ষেপটিকে উচ্চতাপে দাহ করিয়া পাইরোফসফেটে পরিণত করা হয় এবং উহার ওজন নির্ণয় করা হয়।



$$2Zn(NH_4)PO_4 = Zn_2P_2O_7 + 2NH_3 + H_2O$$

আয়তন-পদ্ধতিতে, জিঙ্ক লবণের দ্রবণকে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্বারা ট্রাইটেশন করা হয়:



$$3ZnSO_4 + 2K_4[Fe(CN)_6] = K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2 + 3K_2SO_4$$

## ক্যাডমিয়াম

চিহ্ন Cd, ক্রমাঙ্ক 48, পাঃ গুরুত্ব 112.41, ইলেকট্রন বিন্যাস, $[Kr]4d^{10}5s^2$

গ্রীনোকাইটই (Greenockite) প্রকৃতিতে একমাত্র ক্যাডমিয়ামের খনিজ—ইহা অত্যন্ত দুর্লভ। কিন্তু সমস্ত জিঙ্কের খনিজেই কিছু ক্যাডমিয়াম মিশ্রিত থাকে (0.2 ~ 0.5%) এবং সেখান হইতেই ক্যাডমিয়াম সংগৃহীত হয়।

১৫-৯। **প্রস্তুতি।** জিঙ্ক অক্সাইডকে চুল্লীতে বিজারণ করিয়া যখন ধাতু সংগৃহীত হয় তখন বাহিরের শীতক নলে দস্তারজঃ বা জিঙ্ক-ডাস্ট খানিকটা জমা হয়। খনিজের ক্যাডমিয়াম এবং উহার অক্সাইড অপেক্ষাকৃত অধিকতর উদ্বায়ী। সুতরাং দস্তারজের সঙ্গে ক্যাডমিয়াম এবং বিশেষতঃ উহার বাদামী অক্সাইড থাকে। এই মিশ্রিত দস্তারজঃ লইয়া বিচূর্ণ কোক মিশাইয়া ছোট ছোট মাটির তৈয়ারী পাতন-যন্ত্রে পুনঃপুনঃ পাতিত করা হয় (800-900°C), এইরূপ উষ্ণতায় ZnO-এর বিজারণ প্রায় হয় না। এবং উহার বাষ্পীভবনও খুব কম। এইভাবে আংশিক পাতনের ফলে শেষপর্যন্ত 99.5% ক্যাডমিয়াম পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধতর ক্যাডমিয়াম পাইতে হইলে, দস্তারজঃকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া প্লাটিনাম বা ক্যাডমিয়াম ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ক্যাডমিয়ামের তড়িৎদ্বার-বিভব অপেক্ষাকৃত কম তাই জিঙ্কের পরিবর্তে উহাই প্রথমে ক্যাথোডে আসিয়া পরিন্যাস্ত হয়।

১৫-১০। **ক্যাডমিয়ামের ধর্ম।** ক্যাডমিয়াম একটি সাদা নরম ধাতু, গলনাঙ্ক 320.9°C, ঘনত্ব 8.64। জিঙ্কের অপেক্ষা উহার নমনীয়তা এবং উদ্বায়িতা বেশী। আর্দ্র-বাতাসে রাখিলে ধাতুর উপরে অক্সাইডের একটি পাতলা আবরণ পড়ে।

ক্যাডমিয়ামের সঙ্গে ক্ষারদ্রবণের কোন বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু লঘু HCl বা $H_2SO_4$ অ্যাসিড হইতে উহা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে, $HNO_3$ হইতে বিভিন্ন নাইট্রোজেন অক্সাইড হয়। হ্যালোজেন এবং সালফারের সঙ্গে ক্যাডমিয়াম সরাসরি যুক্ত হয়।

অন্যান্য ধাতুকে আর্দ্র-বাতাসের আক্রমন হইতে রক্ষা করার জন্য অনেক সময় উহাদের উপর ক্যাডমিয়াম বা উহার অক্সাইডের প্রলেপ দেওয়া হয়। এই জন্য অনেকটা ক্যাডমিয়াম ব্যবহার করা হয়। টেলিফোনের অ্যালুমিনিয়াম তারের উপর এইরূপ প্রলেপ থাকে। প্রামাণ্য তড়িৎ-সেল—ওয়েস্টন সেলে (Weston cell)—ক্যাডমিয়াম তড়িৎদ্বার ব্যবহার হয়। ক্যাডমিয়াম সংযোগে একাধিক সংকর ধাতু তৈয়ারী হয় তন্মধ্যে 'উড-ধাতু' (Wood's metal, m.pt. 71°C) প্রধান। উহার উপাদান, Cd: Sn: Pb: Bi = 1 : 1 : 2 : 4; ঝালাইয়ের কাজে উহা ব্যবহার করা হয়।

## ক্যাডমিয়ামের যৌগ

১৫-১১। **ক্যাডমিয়াম অক্সাইড, CdO।** অক্সিজেনে ক্যাডমিয়ামকে উত্তপ্ত করিয়া বা উহার কার্বনেট বা নাইট্রেটকে উচ্চতাপে বিভাজিত করিয়া ক্যাডমিয়াম

অক্সাইড প্রস্তুত হয়। বাদামী অনিয়তাকার কঠিন ক্ষারীয় অক্সাইড প্রায় 700°C-এ উদ্বায়িত হয়। জলে অথবা ক্ষারে উহা অদ্রাব্য; কিন্তু অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়।



$$CdO + 4NH_4OH = [Cd(NH_3)_4](OH)_2 + 3H_2O$$

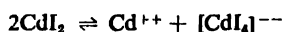
**১৫-১২। ক্যাডমিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Cd(OH)_2$।** ক্যাডমিয়াম লবণের দ্রবণে কস্টিক সোডা বা পটাস মিশাইলে সাদা আঠাল হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। উহা জলে বা ক্ষারে অদ্রাব্য, কিন্তু অ্যাসিড বা $NH_4OH$-এ দ্রবীভূত হয়। বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া উহা ধীরে ধীরে কার্বনেটে পরিণত হয়।

**১৫-১৩। ক্যাডমিয়াম ফ্লুরাইড, $CdF_2$।** ক্যাডমিয়াম লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ফ্লুরাইড দিলে, অদ্রাব্য ক্যাডমিয়াম ফ্লুরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। বর্ণহীন স্ফটিকাকারে ইহা থাকে।

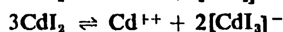
**১৫-১৪। ক্যাডমিয়াম ক্লোরাইড, $2CdCl_2, 5H_2O$।** সচরাচর ক্যাডমিয়াম কার্বনেট বা অক্সাইডকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া ইহা তৈয়ারী করা হয়। $CdCO_3 + 2HCl \rightarrow CdCl_2 + H_2O + CO_2$। এই দ্রবণটি গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে, $2CdCl_2, 5H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত হয়। এই কেলাসকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস-প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে, অনার্দ্র ক্যাডমিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া সম্ভব।

ক্যাডমিয়াম ক্লোরাইড বর্ণহীন, স্ফটিকাকার এবং উদ্বায়ী, উহা জলে খুব দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। **ক্যাডমিয়াম ব্রোমাইডও** ঐ একই রকম উপায়ে তৈয়ারী করা হয় এবং উহার প্রকৃতিও ক্লোরাইডের অনুরূপ।

**১৫-১৫। ক্যাডমিয়াম আয়োডাইড, $CdI_2$।** ক্যাডমিয়াম অক্সাইড বা কার্বনেটের উপর HI-এর বিক্রিয়ার ফলে $CdI_2$ উৎপন্ন হয়। দ্রবণটিকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সাদা ঝকঝকে ছোট ছোট স্ফটিকাকারে পৃথক হইয়া আসে। ক্যাডমিয়াম আয়োডাইড জল, কোহল এবং অ্যাসিটোনে দ্রব হয়। ইহার জলীয় দ্রবণের বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা, স্ফুটনাঙ্ক, বহনাঙ্ক ইত্যাদি পরিমাপ করিয়া দেখা গিয়াছে, ইহার মধ্যে নিজেরই জটিল আয়নের অস্তিত্ব রহিয়াছে (auto-complex), যথা:



$$2CdI_2 \rightleftharpoons Cd^{++} + [CdI_4]^{--}$$



$$3CdI_2 \rightleftharpoons Cd^{++} + 2[CdI_3]^{-}$$

**১৫-১৬। ক্যাডমিয়াম সালফেট, $3CdSO_4, 8H_2O$।** ক্যাডমিয়াম ধাতু, উহার অক্সাইড বা কার্বনেট লঘুসালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ক্যাডমিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। উহার কেলাসিত অবস্থায় সংকেত $3CdSO_4, 8H_2O$।

ক্যাডমিয়াম সালফেট উত্তাপে ভাঙিয়া যায় এবং CdO দেয়। লবণটি জলে যথেষ্ট দ্রবণীয়। ক্ষারধাতুর সালফেটের সঙ্গে উহার দ্বি-যৌগিক লবণ পাওয়া যায়, $K_2SO_4$,

$CdSO_4, 6H_2O$, এবং এই সকল লবণ ঐরূপ ম্যাগনেসিয়াম বা জিঙ্কের লবণের সঙ্গে সমাকৃতিক, $K_2SO_4$, $MgSO_4$, $6H_2O$। ওয়েস্টন সেলে ক্যাডমিয়াম সালফেট প্রয়োজন হয়।

**১৫-১৭। ক্যাডমিয়াম নাইট্রেট, $Cd(NO_3)_2$, $4H_2O$।** ক্যাডমিয়াম অক্সাইড বা কার্বনেট এবং লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে ক্যাডমিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। ইহার স্ফটিকে প্রত্যেক অণুর সঙ্গে চারিটি জলের অণু থাকে। স্ফটিকগুলি সূক্ষ্ম সূচের মত এবং উত্তাপে ভাঙিয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। তাহা ছাড়া, ক্যাডমিয়াম নাইট্রেট অত্যন্ত উদ্গ্রাহী যৌগ।

**১৫-১৮। ক্যাডমিয়াম কার্বনেট, $CdCO_3$।** ক্যাডমিয়াম লবণের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে অদ্রাব্য ক্যাডমিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে ক্যাডমিয়াম অক্সাইড দেয়।

**১৫-১৯। ক্যাডমিয়াম সালফাইড, CdS।** ক্যাডমিয়াম লবণের ঈষৎ আম্লিক দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালনা করিয়া হলুদ ক্যাডমিয়াম সালফাইড বাহির হইয়া আসে। ইহা লঘু HCl অ্যাসিডে বা হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডে অদ্রাব্য, কিন্তু লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে সহজেই দ্রবণীয়।

**১৫-২০। ক্যাডমিয়াম যৌগের পরীক্ষা।** ক্যাডমিয়াম যৌগকে দ্রবণে লইয়া $H_2S$ পরিচালিত করিয়া যে হলুদ CdS পাওয়া যায়, উহাই উহার নির্দেশক। ঐ অধঃক্ষেপ লঘু HCl, বা ক্ষারদ্রবণ বা হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডে অদ্রাব্য।

মাত্রিক নির্ণয়ের জন্য ক্যাডমিয়ামকে পাইরোফসফেটে পরিণত করিয়া ওজন করিতে হয়।

## মারকারি (পারদ) (Hydrargyrum)

চিহ্ন Hg, ক্রমাঙ্ক 80, পাঃ গুরুত্ব 200.61, ইলেকট্রন বিন্যাস, $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$

বহু পুরাকাল হইতেই মারকারি বা পারদের ব্যবহার চলিয়া আসিতেছে। খ্রীষ্টপূর্ব তৃতীয় শতকেও পারদের ব্যবহারের অনেক প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। অ্যালকেমীয় যুগে পারদকে অন্যান্য ধাতুর আকর মনে করা হইত। ভারতবর্ষে বহুদিন হইতেই স্বর্ণসিন্দুর বা মারকারি সালফাইড আয়ুর্বেদের এক প্রধান ঔষধ।

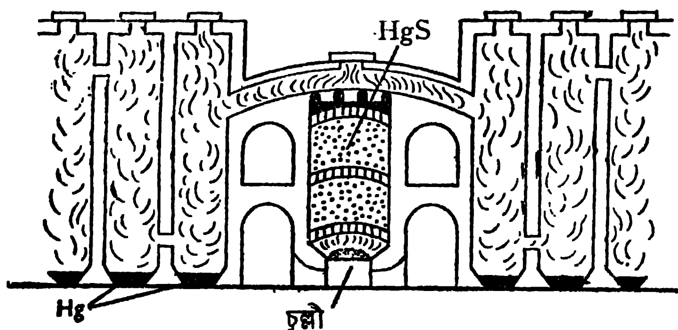
প্রকৃতিতে মারকারির পরিমাণ খুব বেশী নয়। উহার প্রধান আকরিক সিনাবার (Cinnabar), HgS (হিঙ্গুল)। স্পেন, ইটালী, মেক্সিকো ও আমেরিকাতে এই খনিজ পাওয়া যায়। এই খনিজে মারকারির পরিমাণ গড়ে 0.5%, অবশ্য স্পেনের কোন কোন আকরিকে 7.0% পর্যন্তও থাকে।

**১৫-২১। প্রস্তুতি।** (১) খনিজটিকে বাতাসে তাপজারিত করিলে উহা প্রথমে মারকারি অক্সাইডে পরিণত হয়। এই অক্সাইড পরে উত্তাপে ভাঙিয়া যায় এবং মারকারি বাষ্পাকারে চুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসে।



$$2HgS + 3O_2 = 2HgO + 2SO_2; \quad 2HgO = 2Hg + O_2$$

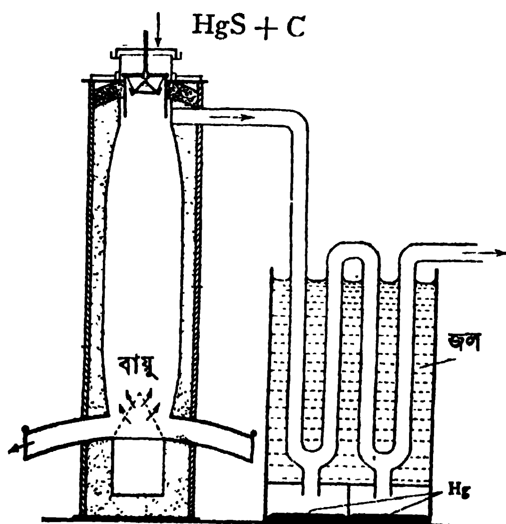
স্পেনে অ্যালমাডেনের চুল্লীগুলি পাথরের তৈয়ারী। উহার ভিতরে কয়েকটি পাথরের সছিদ্র খিলানের উপরে সিনাবারের টুকরা বোঝাই করিয়া নীচ হইতে কয়লা জ্বালাইয়া



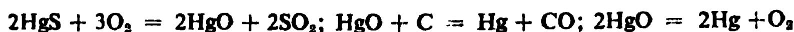

চিত্র ১৫-ঘ। পারদ-প্রস্তুতির স্পেনীয় চুল্লী

তাপিত করা হয়। বিক্রিয়া-উদ্ভূত মারকারি বাষ্প এবং সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস উপরের নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায়। এই গ্যাস ছোট ছোট কয়েকটি শীতল প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং সেখানে পারদ ঘনীভূত হইয়া সঞ্চিত হয় (চিত্র ১৫-ঘ)।

(২) অধুনা আর একরকম চুল্লীর প্রচলন হইয়াছে। এই চুল্লীগুলি বেশ উঁচু এবং উহাদের মাঝখানে একটি স্তম্ভ হইতে কতগুলি ঢালু তাক বাহির হইয়াছে (চিত্র ১৫-ঙ)। চুল্লীর উপর হইতে একটি 'কাপ এবং কোন' সরঞ্জামের সাহায্যে সিনাবার-চূর্ণ কোকের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া প্রবেশ করান হয়। ঢালু তাক বাহিয়া এই মিশ্রণ নীচে নামিতে থাকে। চুল্লীর নীচ হইতে উত্তপ্ত বায়ু প্রবাহ পাঠান হয়। ফলে কোক জ্বলিতে থাকে এবং সেই উত্তাপে সিনাবার শেষ পর্যন্ত মারকারি বাষ্পে পরিণত হয়।




চিত্র ১৫-ঙ। পারদ প্রস্তুতির আধুনিক সরঞ্জাম

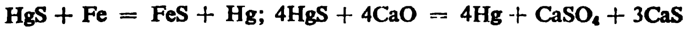


$$2HgS + 3O_2 = 2HgO + 2SO_2; \; HgO + C = Hg + CO; \; 2HgO = 2Hg + O_2$$

নির্গম-নলের সাহায্যে বাহিরে আসিয়া এই গ্যাস-মিশ্রণ কতকগুলি শীতকনল অতিক্রম

করে এবং সেখানে তরল মারকারি সঞ্চিত হয়। শীতক-নলগুলি একটা জলাধারে থাকার জন্য ঠাণ্ডা থাকে।

লৌহচূর এবং চুনের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া লোহার বকযন্ত্রে পাতিত করিয়াও মাঝে মাঝে পারদ প্রস্তুত করা হয়:

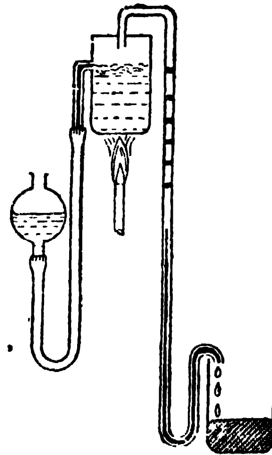


$$HgS + Fe = FeS + Hg; \quad 4HgS + 4CaO = 4Hg + CaSO_4 + 3CaS$$

**পারদ-বিশোধন।** চুল্লী হইতে পাওয়া পারদে, সীসা, তামা, প্রভৃতি কিছু কিছু দ্রবীভূত থাকে। উহার বিশোধন প্রয়োজন। পারদকে প্রথমতঃ একটি নরম শ্যাময় (chamois) চামড়ার সাহায্যে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। তারপর একটি দীর্ঘ নলে 5% নাইট্রিক অ্যাসিড লইয়া উপর হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া মারকারি প্রবাহিত করিয়া ধৌত করা হয়। ইহাতে অন্যান্য ধাতুগুলি মারকারি হইতে দূরীকৃত হয় (চিত্র ১৫-চ)। তৎপর শূন্যচাপে মারকারিকে পাতিত করিয়া সম্পূর্ণ আবর্জনা-মুক্ত করা হয়। এই পাতনের জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রের একটি ধারণা চিত্র ১৫-ছ হইতে পাওয়া যাইবে।



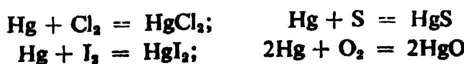

চিত্র ১৫-চ। পারদ-বিশোধন



চিত্র ১৫-ছ। পারদ-পাতন

**ধর্ম।** সাধারণ অবস্থায় বিশুদ্ধ পারদ রূপার মত সাদা উজ্জ্বল তরল পদার্থ। উহার ঘনত্ব 13.595 (0°C), হিমাঙ্ক −38.9°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 356.9°C। কাচের গায়ে লাগিয়া থাকে না, এবং ইহার বাষ্পচাপ কম ও প্রসারাঙ্ক সুনির্দিষ্ট, সেই কারণে নানারকম বৈজ্ঞানিক যন্ত্রে ইহার প্রচুর ব্যবহার।

সাধারণ উষ্ণতায় পারদ হ্যালোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং তাপিত অবস্থায় অক্সিজেন এবং সালফারের সঙ্গে সরাসরি যৌগ উৎপাদন করে।



$$Hg + Cl_2 = HgCl_2; \qquad Hg + S = HgS$$
$$Hg + I_2 = HgI_2; \qquad 2Hg + O_2 = 2HgO$$

জল, ক্ষার বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্বারা পারদ আক্রান্ত হয় না, কিন্তু ফুটন্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উহাকে সালফেটে পরিণত করে ;



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ( লঘু এবং গাঢ় ) উহাকে আক্রমণ করে :

লঘু অ্যাসিডে,



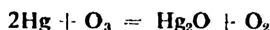
$$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

গাঢ় অ্যাসিডে,



$$3Hg + 8HNO_3 = 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

ওজোনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মারকারি উহার চলনশীলতা (mobility) হারায় ও মারকিউরাস অক্সাইড গঠিত হয়।



$$2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$$

অধিকাংশ ধাতু পারদে দ্রব হইয়া পারদ-সংকরের সৃষ্টি করে। সোনা, রূপা, তামা, সীসা ইত্যাদি পারদ সংস্পর্শে আসিলেই দ্রব হয়, কিন্তু লোহা অত সহজে পারদে দ্রব হয় না।

থার্মোমিটার, ব্যারোমিটার, প্রভৃতি নানা যন্ত্রে পারদ প্রয়োজন হয়। ইলেকট্রোড-রূপেও কোন কোন ক্ষেত্রে পারদ ব্যবহার হয়। আকরিক হইতে সোনা ও রূপা নিষ্কাশনের জন্য পারদ ব্যবহার করা হয়। ইহা ছাড়া, প্রয়োজনীয় অনেক পারদ-যৌগ পারদ হইতেই করা হয়।

## মারকারির যৌগ

মারকারির দুই রকমের যৌগ আছে, মারকিউরাস এবং মারকিউরিক যৌগ। মারকিউরাস যৌগগুলিতে উহার যোজ্যতা 'এক' মনে হইলেও বস্তুতঃ তাহা নয়; উভয় ক্ষেত্রেই মারকারির আয়নের আধান 'দুই'। মারকিউরাস আয়ন, $Hg_2^{++}$, এবং মারকিউরিক আয়ন, $Hg^{++}$। যথা,

মারকিউরিক ক্লোরাইড, $HgCl_2$ বা $Cl-Hg-Cl$

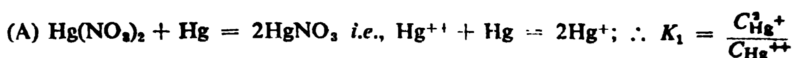
এবং মারকিউরাস ক্লোরাইড, $Hg_2Cl_2$ বা $Cl-Hg-Hg-Cl$

সুতরাং মারকিউরাস যৌগে দুইটি মারকারি পরমাণু নিজেদের মধ্যে যুক্ত থাকে। উভয়ক্ষেত্রেই উহার যোজ্যতা দুই। মারকিউরাস যৌগগুলি মারকিউরিক যৌগ অপেক্ষা কম স্থায়ী। মারকিউরাস যৌগগুলির জলে দ্রাব্যতা খুব কম এবং উহাদের বিজারণ-গুণ আছে। মারকিউরিক যৌগগুলির জলে দ্রাব্যতা বেশী, উহাদের বিষক্রিয়া বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

মারকিউরাস যৌগে যে $Hg_2^{++}$ আছে তাহার অনেক প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। তাহার দুই একটি এখানে উল্লেখ করা হইল।

(ক) মারকিউরিক নাইট্রেট দ্রবণ অতিরিক্ত মারকারি ধাতুর সঙ্গে উত্তমরূপে মিশ্রিত

করা হয় তবে উহা মারকিউরাস নাইট্রেটে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াটি দুইটি উপায়ে (A এবং B) হইতে পারে, এবং উহাদের সাম্য-ধ্রুবকও বিভিন্ন হইবে:



$$(A)\ Hg(NO_3)_2 + Hg = 2HgNO_3\ i.e.,\ Hg^{++} + Hg = 2Hg^+;\ \therefore\ K_1 = \frac{C^2_{Hg^+}}{C_{Hg^{++}}}$$



$$(B)\ Hg(NO_3)_2 + Hg = Hg_2(NO_3)_2\ i.e.,\ Hg^{++} + Hg = Hg_2^{++};\ \therefore\ K_2 = \frac{C_{Hg_2^{++}}}{C_{Hg^{++}}}$$

পরীক্ষালব্ধ সাম্য-ধ্রুবকের মান $K_2$-এর সঙ্গে মিলিয়া যায়, কিন্তু $K_1$-এর সঙ্গে মিলে না। সুতরাং $Hg_2^{++}$ আয়নই আছে।

(খ) দুইটি লঘু মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণ (n/10) নাইট্রিক অ্যাসিডে প্রস্তুত করা হয়। ধর, একটির গাঢ়ত্ব x, অপরটি x/10, অর্থাৎ দশগুণ লঘুতর। এই দুইটি দ্রবণে মারকারি ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া একটি 'কন্‌সেনট্রেশন' সেল তৈয়ারী করা হয়;



$$Hg - \frac{x/10.\ \text{Hg-ous nitrate}}{\text{in N/10.HNO}_3} \Bigg\| \frac{x.\ \text{Hg-ous nitrate}}{\text{in N/10.HNO}_3} - Hg$$

এই সেলের বিভব হইবে,

$$E = \frac{2.303RT}{n \times F} \log \frac{x}{x/10} = \frac{2.303\ RT}{nF}$$

যেখানে, $n$ = মারকারির আয়নের যোজ্যতা।

পরীক্ষাদ্বারা $E$ নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে, $n$ এর মূল্য 'দুই'। অর্থাৎ মারকিউরাস নাইট্রেটে দ্বিযোজী মারকারি আয়ন $(Hg_2^{++})$ রহিয়াছে।

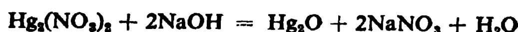
(গ) মারকিউরাস ক্লোরাইডের স্ফটিকের রঞ্জন-রশ্মির বিবর্তন হইতে দেখা যায়, উহাতে $Hg^+$ আয়ন নাই, বরং রৈখিক Cl—Hg—Hg—Cl রূপে উহা গঠিত। অতএব —Hg—Hg— অস্তিত্ব সমর্থন করা যায়।

রামন-বর্ণালী হইতেও $NO_3$-আয়নের রেখা ছাড়াও একটি নতুন রামন-রেখা পাওয়া যায়, উহা —Hg—Hg— বন্ধনের।

(ঘ) ইহা ছাড়াও, মারকিউরাস নাইট্রেটের লঘুদ্রবণের হিমাঙ্কের অবনমন হইতে উহার সংকেত $Hg_2(NO_3)_2$ প্রমাণিত হইয়াছে।

বিশুদ্ধ ও শুষ্ক মারকিউরাস ক্লোরাইডের বাষ্পঘনত্ব দেখা গিয়াছে 472, উহা $Hg_2Cl_2$ এই সংকেতই সমর্থন করে।

**১৫-২৩। মারকিউরাস অক্সাইড, $Hg_2O$।** মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণে কস্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইলে ধূসর মারকিউরাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়:

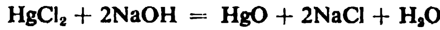


$$Hg_2(NO_3)_2 + 2NaOH = Hg_2O + 2NaNO_3 + H_2O$$

এই অক্সাইড খুব অস্থায়ী। উত্তাপে বা আলোকে রাখিয়া দিলে উহা মারকারি এবং মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয়, $Hg_2O = Hg + HgO$। ইহা জলে অদ্রবণীয়।

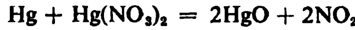
**১৫-২৪। মারকিউরিক অক্সাইড, HgO।** ইহা দুইটি উপায়ে প্রস্তুত করা যায়।

(ক) মারকিউরিক লবণের জলীয় দ্রবণে কস্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইলে পীতাভ মারকিউরিক অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$HgCl_2 + 2NaOH = HgO + 2NaCl + H_2O$$

(খ) মারকারি এবং কঠিন মারকিউরিক নাইট্রেট উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া ভাল করিয়া উত্তপ্ত করিলে, উজ্জ্বল লাল মারকিউরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

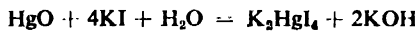


$$Hg + Hg(NO_3)_2 = 2HgO + 2NO_2$$

লাল এবং পীতাভ অক্সাইড একই; শুধু কণিকাগুলির আকার ও আয়তনের বিভিন্নতার জন্য বর্ণের এই তারতম্য। পীতাভ অক্সাইডকে তাপিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা লাল হইয়া যায়।

অতিরিক্ত উষ্ণতায় মারকিউরিক অক্সাইড মারকারি এবং অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায়। এই অক্সাইড জলে অদ্রাব্য কিন্তু খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া উপযুক্ত লবণে পরিণত হয়।

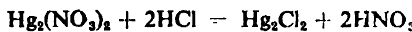
মারকিউরিক অক্সাইড জলে প্রলম্বিত অবস্থায় রাখিয়া উহাতে পটাসিয়াম আয়োডাইড দিলে, এক জটিল লবণের উদ্ভব হয়:



$$HgO + 4KI + H_2O = K_2HgI_4 + 2KOH$$

**১৫-২৫। মারকিউরাস ক্লোরাইড, $Hg_2Cl_2$।** ইহার আর একটি নাম ক্যালোমেল (calomel)।

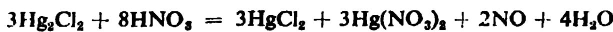
(১) মারকিউরাস নাইট্রেটের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা অন্য কোন ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে সাদা মারকিউরাস ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$$

(২) কঠিন মারকিউরিক ক্লোরাইড এবং মারকারির উত্তম মিশ্রণকে একটি লোহার আবদ্ধ পাত্রে ঊর্ধ্বপাতিত করা হইলে পাত্রের উপরের শীতল অংশে মারকিউরাস ক্লোরাইড সঞ্চিত হয়। $Hg + HgCl_2 = Hg_2Cl_2$ । উৎপন্ন মারকিউরাস ক্লোরাইডকে জলের সঙ্গে ভাল করিয়া ফুটান হয়। যদি কোন মারকিউরিক ক্লোরাইড থাকে উহা দ্রব হইয়া পৃথক হইয়া যায়। মারকিউরাস ক্লোরাইড ঔষধে ব্যবহৃত হয়, সেইজন্য বিশেষভাবে উহাকে বিষাক্ত মারকিউরিক ক্লোরাইড হইতে মুক্ত করা প্রয়োজন।

মারকিউরাস ক্লোরাইড সাদা কঠিন, জলে অদ্রাব্য, অনিয়তাকার পদার্থ। লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে উহার কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু গাঢ় $HNO_3$, গাঢ় $HCl$ এবং অম্লরাজের (aqua regia) সঙ্গে উহার বিভিন্ন পরিবর্তন হয়।



$$3Hg_2Cl_2 + 8HNO_3 = 3HgCl_2 + 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$



$$Hg_2Cl_2 + 2HCl = Hg + H_2[HgCl_4]$$



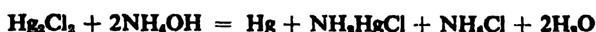
$$Hg_2Cl_2 + 2Cl = 2HgCl_2$$

অনার্দ্র $Na_2CO_3$-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে মারকিউরাস ক্লোরাইড ধূসর পারদ-দর্পণ (metallic mercury mirror) গঠন করিয়া থাকে।



$$2Hg_2Cl_2 + 2Na_2CO_3 = 4Hg + 4NaCl + 2CO_2 + O_2$$

**অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে মারকিউরাস ক্লোরাইড মারকারি বিচ্যুত হওয়ার জন্য কালো হইয়া যায়। উহার সঙ্গে গলনরোধী সাদা অ্যামিনো-মারকিউরিক ক্লোরাইডও উৎপন্ন হয়।**

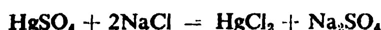


$$Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH = Hg + NH_2HgCl + NH_4Cl + 2H_2O$$

**ক্যালোমেল ইলেকট্রোডে এবং ঔষধরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।**

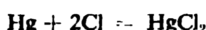
**১৫-২৬। মারকিউরিক ক্লোরাইড, $HgCl_2$।** ইহার অপর একটি নাম **'করোসিভ সাব্লিমেট' (corrosive sublimate)** বা রসকর্পূর।

(১) মারকিউরিক সালফেট এবং সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণকে যদি একটি মাটির লম্বগ্রীব কূপীতে তাপিত করা হয় তবে মারকিউরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া কূপীর গলদেশে ঊর্ধ্বপাতিত হয়। বিক্রিয়ার শেষে কূপীটি ভাঙ্গিয়া মারকিউরিক ক্লোরাইড সংগ্রহ করা হয়। প্রয়োজনমত জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিয়া বিশোধন করা হয়।



$$HgSO_4 + 2NaCl = HgCl_2 + Na_2SO_4$$

(২) মারকারিকে ক্লোরিন গ্যাসে তাপিত করিলে বা অম্লরাজে দ্রবীভূত করিলেও মারকিউরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$Hg + 2Cl = HgCl_2$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ, গরম জল, ইথার ও কোহলে দ্রবণীয়। ইহা একটি তীব্র বিষ।

*মারকিউরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামোনিয়া মিশাইলে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়—উহা অ্যামিনো-মারকারি ক্লোরাইড, $NH_2HgCl$। উহা উত্তাপে গলে না বলিয়া উহাকে বলে 'infusible white ppt'.*

মারকিউরাস ক্লোরাইডের মত মারকিউরিক ক্লোরাইডকেও $Na_2CO_3$-এর সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ধূসর পারদ-দর্পণ গঠিত হয়।



$$2HgCl_2 + 2Na_2CO_3 = 2Hg + 4NaCl + 2CO_2 + O_2$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে একটি কপার তার ডুবাইলে উহার উপর মারকারি অধঃক্ষিপ্ত হইতে থাকে।



$$HgCl_2 + Cu = CuCl_2 + Hg$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ দেয়। অতিরিক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দিলে উহাও বিজারিত হইয়া মারকারিতে পরিণত হয়:



$$2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$



$$Hg_2Cl_2 + SnCl_2 = 2Hg + SnCl_4$$

মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে পটাস-আয়োডাইড দ্রবণ মিশাইলে প্রথমে লাল মারকারি-আয়োডাইড ($HgI_2$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত KI দিলে উহা জটিল পটাসিয়াম-মারকিউরো-আয়োডাইডে পরিণত হইয়া পুনরায় দ্রবীভূত হইয়া যায়।



$$HgCl_2 + 2KI = HgI_2 + 2KCl; \qquad HgI_2 + 2KI = K_2HgI_4$$

কস্টিক সোডা বা পটাশ মিশাইয়া এই $K_2HgI_4$ দ্রবণকে ক্ষারীয় করিলে উহাকে বলা হয় 'নেসলার দ্রবণ'। অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণের সংস্পর্শ মাত্র এই দ্রবণ বাদামী রং ধারণ করে বা অধঃক্ষেপ দেয়। ইহা অ্যামোনিয়ার এক বিশেষ নির্দেশক।

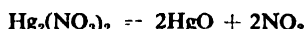
মারকিউরিক ক্লোরাইড কখন কখনও বীজঘ্নরূপে ব্যবহৃত হয়।

**১৫-২৭। মারকিউরাস নাইট্রেট, $Hg_2(NO_3)_2, 2H_2O$।** মারকারি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে থাকিলে ধীরে ধীরে উহা মারকিউরাস নাইট্রেটে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়াতে মারকারি অতিরিক্ত পরিমাণে থাকা চাই।



$$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

দ্রবণ গাঢ় করিলে লবণটির সোদক বর্ণহীন স্ফটিক কেলাসিত হয়। মারকিউরাস নাইট্রেট জলে দ্রবণীয় এবং মারকিউরাস লবণের মধ্যে ইহাই একমাত্র দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ কিছুটা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং একটি ক্ষারীয় নাইট্রেট $Hg_2(NO_3)_2, Hg_2O, H_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উত্তাপে $Hg_2(NO_3)_2$ বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$Hg_2(NO_3)_2 = 2HgO + 2NO_2$$

**১৫-২৮। মারকিউরিক নাইট্রেট, $2Hg(NO_3)_2, H_2O$।** মারকারিকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ফুটাইলে মারকিউরিক নাইট্রেট হয়। দ্রবণটি গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে $2Hg(NO_3)_2, H_2O$ সোদক স্ফটিকে কেলাসিত হয়। এই লবণ জলে দ্রবণীয়। কিন্তু কিছুটা আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় এবং ক্ষারীয় লবণের $[Hg(NO_3)_2, 2HgO]$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এইজন্য মারকিউরিক নাইট্রেটের দ্রবণে খানিকটা $HNO_3$ মিশাইয়া রাখা হয়, যাহাতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ না হয়।

**১৫-২৯। মারকিউরাস সালফেট, $Hg_2SO_4$।** মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণ এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে মারকিউরাস সালফেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। উহা জলে অদ্রাব্য।

**১৫-৩০। মারকিউরিক সালফেট, $HgSO_4$।** মারকারিকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ফুটাইলে মারকিউরিক সালফেট পাওয়া যায়।



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

400°C তাপমাত্রায় এই লবণ বিয়োজিত হইয়া যায়:

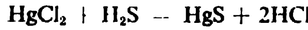


$$3HgSO_4 = Hg_2SO_4 + Hg + 2SO_2 + 2O_2$$

**১৫-৩১। মারকিউরিক সালফাইড, HgS।** প্রকৃতিতে সিনাবাররূপে মারকারি-সালফাইড আছে। বিচূর্ণ সালফার এবং পারদ একত্র খলের মধ্যে সংপিষ্ট করিলেই মারকিউরিক সালফাইড পাওয়া যায়। একটু কস্টিক সোডা উহার সঙ্গে দিতে হয়। মারকারি এবং সালফারের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলেও মারকিউরিক সালফাইড ঊর্ধ্বপাতিত

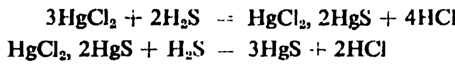
হইয়া থাকে। সংশ্লেষণে প্রথমে যে HgS হয় তাহার রং কালো, কিন্তু উত্তপ্ত করিলে বা রাখিয়া দিলে উহা আস্তে আস্তে লাল হইয়া যায়। এই লাল HgS সিন্দুররূপে এবং রং হিসাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়। $Hg + S = HgS$

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালনা করিলে, কালো মারকিউরিক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়;



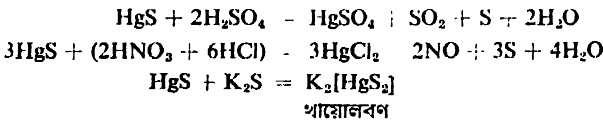
$$HgCl_2 + H_2S = HgS + 2HCl$$

মারকিউরিক ক্লোরাইড অতিরিক্ত থাকিলে, একটি সাদা অধঃক্ষেপ, $HgCl_2, 2HgS$ প্রথমে দেখা দেয়। $H_2S$-গ্যাস ক্রমাগত প্রবাহিত করিলে উহা লাল রংয়ে পরিণত হয় এবং শেষ পর্যন্ত কালো HgS পাওয়া যায়। ঊর্ধ্বপাতিত করিলে এই অধঃক্ষেপটি লাল HgS-এ পরিণত হয়।



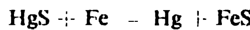
$$3HgCl_2 + 2H_2S = HgCl_2, 2HgS + 4HCl$$
$$HgCl_2, 2HgS + H_2S = 3HgS + 2HCl$$

মারকিউরিক সালফাইড জলে বা গাঢ় HCl অ্যাসিডে দ্রব হয় না। কিন্তু ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে ইহা জারিত হয়। অম্লরাজ এবং ক্ষারধাতুর সালফাইডে উহা দ্রব হয় এবং বিক্রিয়া করে।



$$HgS + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + S + 2H_2O$$
$$3HgS + (2HNO_3 + 6HCl) = 3HgCl_2 + 2NO + 3S + 4H_2O$$
$$HgS + K_2S = K_2[HgS_2]$$
থায়োলবণ

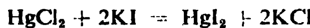
ধাতব লোহার সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে HgS হইতে Hg পৃথক হইয়া যায়।



$$HgS + Fe = Hg + FeS$$

বাজারে যে vermillion পাওয়া যায় উহাই মারকিউরিক সালফাইড। উহার উজ্জ্বলতা স্থায়ী; লাল রংয়ের জন্য উহা বিশেষ সমাদৃত। রসসিন্দুর বা মকরধ্বজরূপেও মারকারি-সালফাইড আয়ুর্বেদীয় ঔষধে প্রচুর ব্যবহার হয়।

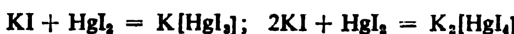
**১৫-৩২। মারকিউরিক আয়োডাইড, $HgI_2$।** তুল্যানুপাতে মারকিউরিক ক্লোরাইড এবং পটাশ-আয়োডাইড দ্রবণ মিশাইলে লাল রংয়ের মারকিউরিক আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$HgCl_2 + 2KI = HgI_2 + 2KCl$$

এই অধঃক্ষেপকে 126°C-এর উপরে তাপিত করিলে উহা হলুদ রংয়ে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, ইহার দুইটি রূপভেদ আছে, 126°C-এর উপরে হলুদ এবং 126°C-এর নীচে লাল রূপভেদ স্থায়ী।

মারকিউরিক আয়োডাইড জলে সামান্য দ্রাব্য, কিন্তু কোহল বা বেনজিনে উহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা দেখা যায়। অতিরিক্ত পটাশ-আয়োডাইড বা মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে উহা সহজেই দ্রবিত হইয়া জটিল যৌগের সৃষ্টি করে,



$$KI + HgI_2 = K[HgI_3]; \quad 2KI + HgI_2 = K_2[HgI_4]$$

এই জটিল লবণের দ্রবণে KOH দিলে কোন মারকারি অক্সাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না, অর্থাৎ জটিল লবণের দ্রবণে কোন $Hg^{++}$ আয়ন নাই।

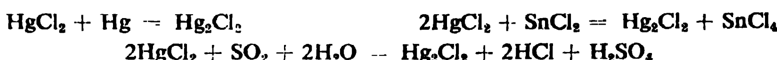
মারকারি আয়োডাইড কোন কোন মলমে ঔষধরূপে ব্যবহার হয়।

**১৫-৩৩। মারকিউরিক থায়োসায়ানেট, $Hg(CNS)_2$।** মারকিউরিক নাইট্রেটের দ্রবণে পটাসিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ মিশাইলে সাদা রংয়ের অধঃক্ষেপ মারকারি-থায়োসায়ানেট পাওয়া যায়। অতিরিক্ত থায়োসায়ানেট দ্রবণ থাকিলে উহার জটিল লবণ, $K_2[Hg(SCN)_4]$ পাওয়া যায়।

মারকিউরিক থায়োসায়ানেট শুষ্ক করিয়া একটু আঠার সঙ্গে মিশাইয়া ছোট ছোট পিল তৈয়ারী করা হয়। ইহাতে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা পুড়িতে থাকে এবং সাপের দেহের মত আঁকাবাঁকা হইয়া ফুলিয়া উঠে—এর বাজারে প্রচলিত নাম 'ফ্যারাওয়ের সাপ'— *Pharaoh's serpent*।

যদি মারকিউরিক নাইট্রেট দ্রবণে KCNO-দ্রবণ মিশান হয়, তাহা হইলে $Hg(ONC)_2$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহার নাম **মারকারি-ফুলমিনেট**; ইহা একটি শক্তিশালী বিস্ফোরক দ্রব্য।

**১৫-৩৪। মারকিউরাস ও মারকিউরিক লবণ।** মারকিউরিক লবণকে অতিরিক্ত মারকারির সহিত তাপিত করিয়া, অথবা $SnCl_2$, $SO_2$ প্রভৃতি দ্বারা বিজারিত করিয়া, মারকিউরাস লবণে পরিণত করাই সাধারণ পদ্ধতি।



$$HgCl_2 + Hg = Hg_2Cl_2 \qquad 2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$
$$2HgCl_2 + SO_2 + 2H_2O = Hg_2Cl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

অপরপক্ষে, ক্লোরিন বা অম্লরাজের দ্বারা মারকিউরাস লবণকে জারিত করিয়া মারকিউরিক লবণে পরিণত করা হয়:



$$Hg_2Cl_2 + Cl_2 = 2HgCl_2$$

**১৫-৩৫। অ্যামিনো-মারকিউরিক' যৌগ।** মারকিউরিক লবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ার কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে এবং উহা বেশ গুরুত্বপূর্ণ। এই দিক দিয়া মারকারির ব্যবহার জিঙ্ক ও ক্যাডমিয়ামের সঙ্গে কিছুটা পৃথক। অ্যামোনিয়া মারকিউরিক লবণের সঙ্গে প্রধানতঃ তিন রকমের ব্যবহার করে।

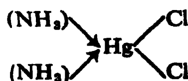
(১) **মারকিউরি-অ্যামোনিয়াম যৌগ।** মারকিউরিক ক্লোরাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস পরিচালনা করিলে, মারকিউরি-অ্যামোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন হয়।



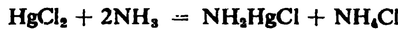
$$HgCl_2 + 2NH_3 \rightarrow Hg(NH_3)_2Cl_2$$

ইহা **"গলন-ক্ষম সাদা অধঃক্ষেপ"** (fusible white ppt.) নামে খ্যাত। উত্তাপে প্রয়োগে ইহা বিযোজন সহ গলিয়া যায়।

গাঢ় $NH_4Cl$ এবং $NH_4OH$-র ফুটন্ত দ্রবণে মারকিউরিক ক্লোরাইড দিলেও এই সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। বস্তুতঃ এগুলি 'মারকিউরিক অ্যামিন'।



(২) কিন্তু মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে লঘু অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করিলে যে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, তাহার সংকেত, $NH_2HgCl$।

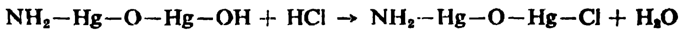


$$HgCl_2 + 2NH_3 = NH_2HgCl + NH_4Cl$$

ইহাকে বলা হয়, **'গলন-রোধী সাদা অধঃক্ষেপ'** (infusible white ppt.) উত্তাপ প্রয়োগে ইহা গলে না কেবলমাত্র মারকিউরাস ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়া ও নাইট্রোজেনে বিয়োজিত হইয়া যায়। ইহা বস্তুতঃ অ্যামিনো-মারকিউরিক ক্লোরাইড ($NH_2-Hg-Cl$)।

(৩) যদি মারকিউরিক অক্সাইডকে (HgO) অ্যামোনিয়ার দ্রবণের সঙ্গে গরম করা হয় তবে একটি পীতাভ পাউডার পাওয়া যায়। এর নাম 'মিলন ক্ষারক' (Millon's base)। এখন স্থির হইয়াছে, ইহার সংকেত হইবে, $NH_2-Hg-O-Hg-(OH), H_2O$।

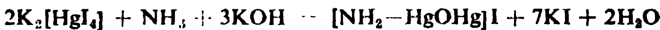
এই পদার্থটি ক্ষারীয় এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহার বিভিন্ন লবণ পাওয়া যায়, যেমন,



$$NH_2-Hg-O-Hg-OH + HCl \rightarrow NH_2-Hg-O-Hg-Cl + H_2O$$

এইরূপ আয়োডাইড, ব্রোমাইড, সায়নাইড প্রভৃতিও আছে, $NH_2Hg_2O.X$, [$X = Cl', Br', CN' \ldots$]।

নেসলার দ্রবণ [ ক্ষারীয় পটাসিয়াম-মারকারি-আয়োডাইড ] অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসিলে যে বাদামী যৌগ উৎপাদন করে, উহা মিলন ক্ষারকের আয়োডাইড ;



$$2K_2[HgI_4] + NH_3 + 3KOH = [NH_2-HgOHg]I + 7KI + 2H_2O$$

**১৫-৩৬। মারকারির জটিল-যৌগ।** জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়ামের মত মারকারিরও জটিল যৌগ সৃষ্টি করার যথেষ্ট প্রবণতা দেখা যায়। ইতিপূর্বেই কয়েকটি জটিল আয়নের কথা বলা হইয়াছে, যথা, $[HgI_4]^{--}$, $[Hg(NH_3)_2]^{++}$, $[Hg(SCN)_4]^{--}$ ইত্যাদি। আরও এরূপ দৃষ্টান্ত দেওয়া যাইতে পারে ; যেমন, $K_2[Hg(SO_3)_2]$, $K_2[HgOX_2]$, $K_3[Hg(NO_2)_4]NO_3$, $[Hg(NH_3)_4](NO_3)_2$ ইত্যাদি।

ইহা ছাড়া, মারকারি জৈবমূলক বিশেষতঃ অ্যালকিল মূলকের সঙ্গেও যুক্ত হইয়া জৈব-মারকিউরিক পদার্থ সৃষ্টি করে। এই সকল পদার্থ প্রধানতঃ দুই শ্রেণীর, $R_2Hg$ এবং RHgX। (R = অ্যালকিল মূলক ; X = Cl, Br, I, CN, OH, ইত্যাদি)। নানাধরণের জৈব-বিক্রিয়াতে ইহারা অংশ নেয়, যেমন,



$$(C_2H_5)_2Hg + AsCl_3 = C_2H_5HgCl + As(C_2H_5)Cl_2$$

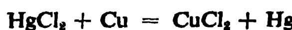
মারকিউরাস জৈব-যৌগ পাওয়া যায় না।

**১৫-৩৭। মারকারি-যৌগের পরীক্ষা।** (১) যে কোন মারকারির যৌগ সোডিয়াম কার্বনেট সহ টেস্ট-টিউবে উত্তপ্ত করিলে মারকারি বাহির হইয়া আসিয়া টিউবের শীতল গায়ে জমে এবং চকচকে আয়নার সৃষ্টি করে।



$$2HgCl_2 + 2Na_2CO_3 = 2Hg + 4NaCl + CO_2 + 2O_2$$

(২) মারকারি লবণের দ্রবণে যদি একটি কপারের পাত ডুবাইয়া রাখা হয়, তাহা হইলে দ্রবণ হইতে উহার উপরে মারকারি জমিতে থাকে। উহাকে ঘষিলে পারদ রূপার মত ঝক্‌ঝকে হয়।



$$HgCl_2 + Cu = CuCl_2 + Hg$$

*অন্যান্য সিক্ত পরীক্ষার দ্বারা, অধঃক্ষেপের রং দেখিয়া মারকিউরিক এবং মারকিউরাস লবণের অস্তিত্ব নির্ধারণ সম্ভব।*

| বিকারক | মারকিউরিক লবণ হইতে অধঃক্ষেপ | মারকিউরাস লবণ হইতে অধঃক্ষেপ |
|---|---|---|
| (i) $HCl$ দ্রবণ | কোন অধঃক্ষেপ হয় না | সাদা |
| (ii) $H_2S$ গ্যাস | কাল, $HgS$ | কাল $HgS$, সঙ্গে $Hg$ |
| (iii) $SnCl_2$ দ্রবণ | সাদা | ধূসর $Hg$ |
| (iv) $KI$ দ্রবণ | লাল $HgI_2$ | সবুজ $Hg_2I_2$ |
| (v) $NaOH$ | হলদে $HgO$ | কাল $Hg_2O$ |
| (vi) $NH_4OH$ | সাদা | কাল |

## অনুশীলনী

১। প্রকৃতিতে জিঙ্ক কি অবস্থায় পাওয়া যায়? আকরিক হইতে ধাতুটিকে কিরূপে নিষ্কাশন করা হয়? জিঙ্কের এবং উহার প্রধান সংকরধাতুগুলির ব্যবহার উল্লেখ কর।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (i) উপস্থিতিতে এবং (ii) অনুপস্থিতিতে জিঙ্ক ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দিলে কিরূপ বিক্রিয়া ঘটে। উহাদের কারণ বিশ্লেষণ কর। (কলিকাতা বিশ্ব:)

২। মারকারি প্রকৃতিতে কি অবস্থায় থাকে? কি ভাবে আকরিক হইতে মারকারি পাওয়া যায় এবং উহাকে বিশুদ্ধ করা হয়?

মারকারির উপর নাইট্রিক, সালফিউরিক এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের কিরূপ বিক্রিয়া হয়? (কলিকাতা বিশ্ব:)

৩। ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, ক্যালসিয়াম গোষ্ঠির মৌলগুলির সাধারণ বৈশিষ্ট কি? মৃৎক্ষার ধাতুর ধর্ম ও গুণাগুণের তুলনা কর। (কলিকাতা বিশ্ব:]

৪। মারকারি ধাতুর নিষ্কাশন পদ্ধতির বর্ণনা কর এবং উহার নানা ব্যবহার উল্লেখ কর।

মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে $H_2S$ গ্যাস পরিচালিত করিলে কি রকম পরিবর্তন দেখা যায়? [গৌহাটি বিশ্ব:]

৫। আকরিক হইতে মারকারি ধাতুর উদ্ধার করার উপায় কি? জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়ামের ধর্মের সঙ্গে মারকারির ধর্মের তুলনামূলক টীকা লেখ। [এলাহাবাদ বিশ্ব:]

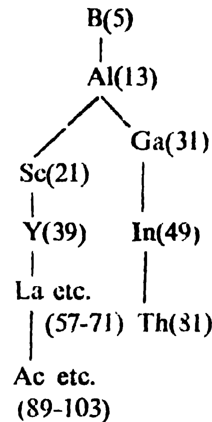
৬। নিম্নলিখিত যৌগগুলি কি ভাবে তৈয়ারী করা হয়? উহারা কি প্রয়োজনে লাগে? (ক) জিঙ্ক অক্সাইড, (খ) মারকিউরিক আয়োডাইড, (গ) মারকিউরাস ক্লোরাইড, (ঘ) লিথোপোন, (চ) অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড (ছ) ক্যাডমিয়াম সালফেট।

৭। জিঙ্ক, ক্যাডমিয়াম ও মারকারি এই মৌলত্রয়ের এবং উহাদের প্রধান যৌগগুলির ভৌত ও রাসয়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। [বর্ধমান বিশ্ব:]

পরিচ্ছেদ ১৬

# তৃতীয় শ্রেণীর মৌল—বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়াম

আয়তনের বিচারে পর্যায় সারণীতে তৃতীয় শ্রেণী সর্বাপেক্ষা বড়। এই শ্রেণীতে মোট সাইত্রিশটি মৌলকে স্থান দিতে হইয়াছে। ইহার A-উপশ্রেণীতে আছে—স্ক্যাণ্ডিয়াম (Sc, 21), ইট্রিয়াম (Y, 39) এবং ল্যান্থানাম (La, 57) ও উহার সমধর্মী ও সগোত্রীয় চৌদ্দটি 'ল্যান্থানাইড' মৌল (Ce, 58 ~ Lu, 71)। ইহা ছাড়াও এই উপশ্রেণীতে আছে সপ্তম পর্যায়ে তেজস্ক্রিয় মৌল এবং তাহার সমধর্মী চৌদ্দটি 'অ্যাক্টিনাইড' মৌল-গোষ্ঠি (Th, 90 ~ Lw, 103)। ল্যান্থানাইড মৌলগুলির পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের স্তরের ইলেকট্রন-বিন্যাস একই। সুতরাং উহাদের যোজ্যতা এবং রাসায়নিক ধর্ম সম্পূর্ণ এক রকমের। ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে ভিতরের মুখ্য N-স্তরের d-অনুস্তরে একটি করিয়া ইলেকট্রন বাড়িতে থাকে। ল্যান্থানাইড মৌলগুলিকে বলা হয় 'বিরল-মৃত্তিক-মৌল' (Rare earth elements)। এই সকল মৌল পৃথিবীতে অতি সামান্যই পাওয়া যায় ইহাদের যোজ্যতা তিন সুতরাং তৃতীয় শ্রেণীর অন্তর্গত এবং এই ধাতুগুলির ও উহাদের যৌগসমূহের ধর্মের ভিতর সাদৃশ্য এত বেশী যে উহাদের পৃথক করা এক দুরূহ ব্যাপার। উহাদের গলনাঙ্ক খুবই বেশী। অ্যাকিটনাইড মৌলগুলিরও একই ইতিহাস। উহাদের সবগুলিই তেজস্ক্রিয় ধাতু। ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলগুলি প্রকৃতিতে নাই, কৃত্রিম উপায়ে উহাদের সৃষ্টি করা হইয়াছে।




উপশ্রেণী-B-তে আছে বোরণ, অ্যালুমিনিয়াম, গ্যালিয়াম, ইণ্ডিয়াম এবং থ্যালিয়াম—এই পাঁচটি মৌল। ইহাদের মধ্যে অবশ্যই কিছু শ্রেণীগত সাদৃশ্য আছে। বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়াম পৃথিবীপৃষ্ঠে যথেষ্ট পাওয়া যায় এবং নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। এই দুইটি মৌলের বিষয় আমরা এখানে প্রধানতঃ আলোচনা করিব।

**১৬-১। বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়ামের তুলনা।** বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়াম তৃতীয় শ্রেণীর প্রথম দুই মৌল এই শ্রেণীর 'আদর্শ মৌল'। কিন্তু এই দুইটি মৌলের ভিতর সাদৃশ্য বেশী নাই। বোরণ একটি অধাতু আর অ্যালুমিনিয়াম অবশ্যই ধাতু। বরঞ্চ বোরণের সঙ্গে পরবর্তী শ্রেণীর অধাতু কার্বন ও সিলিকনের সঙ্গে মিল যথেষ্ট। বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়ামের ভৌতধর্ম নিম্নরূপ:

| | বোরণ (5) | অ্যালুমিনিয়াম (13) |
|---|---|---|
| পা: গুরুত্ব | 10.82 | 26.97 |
| ঘনত্ব | 2.34 | 2.70 |
| পা: আয়তন | 4.62 | 10.00 |
| গলনাঙ্ক, °C | 2300 | 660 |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | 2550 | 2270 |
| আয়ন-বিভব (v) | 0.73 | 1.67 |
| ইলেকট্রন-বিন্যাস | $1s^2 2s^2 2p^1$ | $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ |
| যোজ্যতা | তিন | তিন |
| পা: ব্যাসার্দ্ধ, A° | 0.80 | 1.25 |

১। দুইটি মৌলেরই বাহিরের ইলেকট্রন-বিন্যাস একরকম এবং উভয়ের যোজ্যতাই তিন—ইহাই উহাদের প্রধান সাদৃশ্য। $B_2O_3$, BN, $BCl_3$ এবং $Al_2O_3$, AlN, $AlCl_3$ ইত্যাদিতে যোজ্যতা তিন বটে, কিন্তু এই যৌগগুলির ধর্ম একরকম নয়।

২। বোরণ তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়, কিন্তু অ্যালুমিনিয়ামের ঐসব পরিবাহিতা যথেষ্ট। বোরণের রূপভেদ আছে, অ্যালুমিনিয়ামের তাহা নাই। বোরণের পা: আয়তন কম, গলনাঙ্ক খুব উচ্চ, অর্থাৎ পরমাণুর মধ্যে বন্ধন খুব দৃঢ়। অ্যালুমিনিয়াম কম উষ্ণতায় গলে, সুতরাং ধাতব-বন্ধন খুব দৃঢ় নয়। বোরণ HCl-এ দ্রব হয় না, কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ও লবণ উৎপাদন করে। ক্ষারের গাঢ় দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম দ্রব হয় এবং হাইড্রোজেন দেয়। বোরণও গলিত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন দেয়। সচরাচর বোরণের যৌগগুলি সমযোজী। অ্যালুমিনিয়ামের যৌগ গ্যাসীয় অবস্থায় অনেকসময় সমযোজী হইলেও, জলীয় দ্রবণে উহারা আয়নিত হইয়া থাকে।

৩। বোরণের নানা হাইড্রাইড আছে, $B_2H_6$, $B_4H_{10}$ ইত্যাদি। অ্যালুমিনিয়ামের হাইড্রাইড অস্থায়ী, $LiAlH_4$ উহার প্রধান পরিচায়ক।

৪। বোরণ অক্সাইড, $B_2O_3$ প্রধানতঃ আম্লিক। উহা হইতে বোরিক অ্যাসিড এবং বোরেট লবণ সমূহ পাওয়া যায়। কদাচিৎ উহার ক্ষারধর্ম পরিলক্ষিত হয়; যেমন, $BPO_4$।

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডও উভধর্মী, যদিও প্রধানতঃ ক্ষারীয়। অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই ইহা লবণ উৎপাদন করে; যেমন, $AlCl_3$, $NaAlO_2$।

৫। বোরণ ক্লোরাইড সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাস ($BCl_3$), খুব ঠাণ্ডা করিলে বর্ণহীন তরল পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ এবং সহজেই উর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে। উভয় ক্লোরাইডই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



$$BCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3BO_3 + 3HCl; \quad AlCl_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3HCl$$

৬। উভয় মৌলই জটিল-আয়ন সৃষ্টি করে, প্রধানতঃ অ্যানায়নে অংশ নেয়, যেমন, $H[BF_4]$, $Na_3[AlF_6]$, ইত্যাদি। বোরণের জটিল ক্যাটায়নও জানা আছে।



$$[B(-OCR=CHCR=O\rightarrow)_2]^+Cl^-.$$

## বোরণ

চিহ্ন, B ক্রমাঙ্ক, 5 পাঃ গুরুত্ব, 10.82 ইলেকট্রন-বিন্যাস ; $1s^2 2s^2 2p^1$

প্রকৃতিতে বোরণের যে সকল খনিজ পাওয়া যায় তার মধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য ;

বোরাক্স (Borax), $Na_2B_4O_7, 10H_2O$

বোরাসাইট (Boracite), $2Mg_3B_8O_{15}, MgCl_2$

কোলেম্যানাইট (Colemanite), $Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$

উলেক্সাইট (Ulexite) $Na_2B_4O_7, Ca_2B_6O_{11}, 16H_2O$.

প্যাণ্ডারমাইট (Pandermite), $Ca_2B_6O_{11}, 3H_2O$

আগ্নেয়গিরি হইতে উদ্ভূত বাষ্পের সঙ্গেও কিছু বোরিক অ্যাসিড বাহির হইয়া আসে। কালিফোর্ণিয়া, চিলি এবং তিব্বতে প্রধানতঃ বোরণ খনিজ পাওয়া যায়।

১৬-২। <u>বোরণ প্রস্তুতি</u>। সিলিকার মুচিতে বোরণ অক্সাইডকে অতিরিক্ত ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণ বা পটাসিয়ামের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে বোরণ মৌল পাওয়া যায়। বোরণ অক্সাইডের পরিবর্তে পটাসিয়াম ফ্লুয়োবোরেটও লওয়া যাইতে পারে।



$$B_2O_3 + 3Mg = 3MgO + 2B \qquad 2KBF_4 + 3Mg = 2B + 2KF + 3MgF_2$$
$$B_2O_3 + 6K = 3K_2O + 2B \qquad KBF_4 + 3K = B + 4KF$$

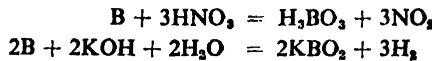
বিক্রিয়াশেষে মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া HCl-অ্যাসিড সহ ফুটাইলে অন্যান্য পদার্থ দ্রব হইয়া যায় এবং বাদামী অনিয়তাকার বোরণ পাওয়া যায়। উহাকে ছাঁকিয়া ধুইয়া, স্টীম-প্রকোষ্ঠে শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। এই বোরণ সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয় (98.3% বিশুদ্ধ)। উচ্চতাপে HF অ্যাসিডের সাহায্যে উহার সিলিকন ও সিলিকা দূর করিয়া উহাকে গালাইয়া কেলাসিত করিলে বিশুদ্ধ বোরণ পাওয়া সম্ভব।

(২) নিয়তাকার বিশুদ্ধ বোরণ পাওয়ার জন্য $BCl_3$ অথবা $BBr_3$ বাষ্পকে হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিয়া তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের (arc) মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিতে হয়। উহারা বিজারিত হইয়া মৌল দেয়। $2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$। এই বোরণ অত্যন্ত শক্ত ষট্‌কোণী কাল স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। ইহা বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়। কিন্তু ইহার একটা ধাতব-দ্যুতি আছে।

**বোরণের ধর্ম**। বোরণ অধাতু, তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়, ঘনত্ব, 2.34। নিয়তাকার বোরণেরই তিনরকম রূপভেদ আছে ; আলফা-রম্বোহেড্রাল, বীটা-রম্বোহেড্রাল এবং টেট্রাগোনাল বোরণ। এই বোরণ অত্যন্ত শক্ত, হীরকের সমতুল শক্ত। নিয়তাকার বোরণের রাসায়নিক সক্রিয়তা নাই বলিলেই চলে। ইহা অক্সিজেনে তাপিত করিলেও জারিত হয় না, HCl বা $HNO_3$ অ্যাসিডেও আক্রান্ত হয় না। $Na_2O_2$ বা $(Na_2CO_3 + KNO_3)$ মিশ্রণের সঙ্গে গলাইলে উহা বোরেটে পরিণত হয়।

অনিয়তাকার বোরণ অপেক্ষাকৃত সক্রিয়। 700°C-এ উহা বাতাসে জ্বলিয়া ওঠে এবং $B_2O_3$ অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কিছু বোরণ নাইট্রাইডও (BN) হয়। অতি উচ্চতাপে বোরণ অনেক রকম ধাতু এবং হ্যালোজেন, কার্বন, সালফারের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হইয়া দ্বিযৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, $MgB_2$, $BCl_3$, $BF_3$, $B_4C$, ইত্যাদি। গাঢ় নাইট্রিক

অ্যাসিডে বোরণ দ্রব হয় এবং বোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। আবার গাঢ় কস্টিক পটাসের সঙ্গে উহা হাইড্রোজেন দেয়। যথা:



$$B + 3HNO_3 = H_3BO_3 + 3NO_2$$
$$2B + 2KOH + 2H_2O = 2KBO_2 + 3H_2$$

১৬-৩। বোরণ হাইড্রাইড। বোরণের অনেকগুলি হাইড্রাইড আছে, $B_2H_6$, $B_4H_{10}$, $B_5H_9$ ইত্যাদি। এইগুলি দুইটি সাধারণ সংকেতের অন্তর্ভুক্ত।

| $B_nH_{n+4}$ | | $B_nH_{n+6}$ | |
|---|---|---|---|
| Diborane, | $B_2H_6$ | Tetraborane, | $B_4H_{10}$ |
| Pentaborane, | $B_5H_9$ | Pentaborane-11, | $B_5H_{11}$ |
| Hexaborane, | $B_6H_{10}$ | Enneaborane, | $B_9H_{15}$ |
| Decaborane, | $B_{10}H_{14}$ | ইত্যাদি। | |

প্রস্তুতি। (১) স্টকের (Stock, 1912-36) পদ্ধতিতে পূর্বে বোরণ হাইড্রাইড প্রস্তুত করা হইত। 10% HCl-এ (50°C) ম্যাগনেসিয়াম বোরাইড ($MgB_2$) দিলে এই বোরণ হাইড্রাইড গ্যাসগুলি উৎপন্ন হয়। প্রস্তুতির সময় পাত্রের ভিতরে একটি হাই-ড্রোজেন-গ্যাসপ্রবাহ রাখা দরকার, কারণ বাতাস বা জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বোরণ হাইড্রাইড বিক্রিয়া করে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে 8N ফস্‌ফরিক অ্যাসিড (70°C) ব্যবহার করিলে আরও সহজে গ্যাসগুলি উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন প্রবাহের সঙ্গে উহারা বাহির হইয়া আসে। এই মিশ্রণকে অতঃপর খুব ঠাণ্ডা করা হয় (তরল বায়ুর তাপ-মাত্রায়), গ্যাসগুলি তখন তরল হইয়া পড়ে। পরে উহার আংশিক পাতন করিয়া বিভিন্ন বোরণ হাইড্রাইড পৃথক করিয়া সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে কিন্তু 11% এর বেশী হাইড্রাইড পাওয়া যায় না। ইহার মধ্যে $B_4H_{10}$-ই প্রধান। ডাইবোরেণ $B_2H_6$, প্রায় থাকে না।

(২) আজকাল ডাইবোরেণ তৈয়ারী করা হয় ইথিরীয় দ্রবণে বোরণ ট্রাইক্লোরাইডের সঙ্গে লিথিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম-হাইড্রাইডের বিক্রিয়ার সাহায্যে;



$$3LiAlH_4 + 4BCl_3 = 3LiCl + 3AlCl_3 + 2B_2H_6$$

অথবা, সোডিয়াম-বোরোহাইড্রাইডের সঙ্গে গ্লাইকল-ইথারীয় দ্রবণে বোরণ-ফ্লুরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে,

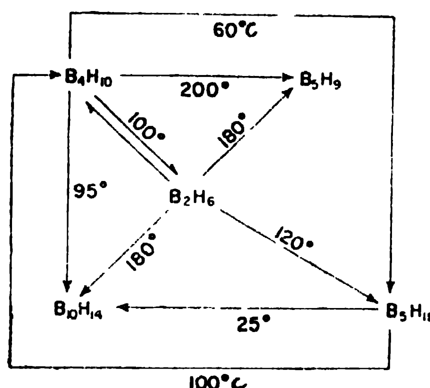


$$3NaBH_4 + 4BF_3 = 3NaBF_4 + 2B_2H_6$$

এই ডাইবোরেণ বিভিন্ন তাপমাত্রায় অন্যান্য বোরণ-হাইড্রাইডে পরিণত হইয়া থাকে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে ডাইবোরেণ ও হাইড্রোজেন তাপিত করিলে উচ্চতর বোরেণ পাওয়া যায়। অন্যান্য বোরেণকেও অবার বিদারণ করিয়া (cracking) ডাইবোরেণে পরিণত করা যায়। এই সকল পরিবর্তনের ধারণা পরের পৃষ্ঠার চিত্র হইতে পাওয়া যাইবে।

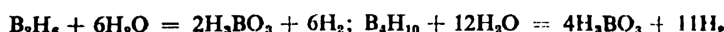
ইহাদের মধ্যে $B_{10}H_{14}$ এবং $B_5H_9$ বেশ স্থায়ী যৌগ, অন্যান্য হাইড্রাইড সহজেই ভাঙিয়া যায়।

**ধর্ম।** বোরণ হাইড্রাইডগুলি সকলেই লোহিততাপে ভাঙ্গিয়া বোরণ এবং হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। $BH_3$-হাইড্রাইডকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু উহার অস্তিত্ব মূলকরূপে বিভিন্ন যৌগে দেখা যায়; যেমন, $BH_3.CO$, $BH_3.N(Me)_3$, ইত্যাদি। প্রধানতঃ ডাইবোরেণ হইতেই অন্যান্য হাইড্রাইড তৈয়ারী করা হইতেছে, এইজন্য উহার প্রয়োজনীয়তাই সর্বাধিক।



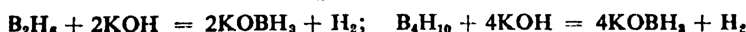

হাইড্রাইডগুলি সবই অক্সিজেনে তাপিত করিলে জারিত হইয়া যায়। পেন্টাবোরেণও জ্বলিয়া ওঠে, অন্যান্য বোরেণও সহজেই জারিত হয়।

জলের সঙ্গে বোরেণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে, হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।



$$B_2H_6 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 6H_2; \quad B_4H_{10} + 12H_2O = 4H_3BO_3 + 11H_2$$

ক্ষারক-দ্রবণের সঙ্গেও বোরেণের অনুরূপ বিক্রিয়া হয়।



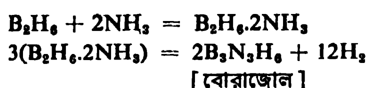
$$B_2H_6 + 2KOH = 2KOBH_3 + H_2; \quad B_4H_{10} + 4KOH = 4KOBH_3 + H_2$$

ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কার্বন মনোক্সাইড, প্রভৃতির সঙ্গে বিভিন্ন রকমের বিক্রিয়া ঘটে :



$$B_2H_6 + 6Cl_2 = 2BCl_3 + 6HCl \qquad B_2H_6 + 2CO = 2BH_3.CO$$
$$B_2H_6 + HCl = B_2H_5Cl + H_2 \qquad B_2H_6 + 6MeOH = 2B(OMe)_3 + 6H_2$$

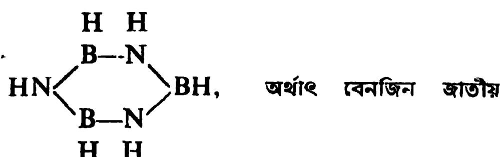
অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ডাইবোরেণের বিক্রিয়া একটু অদ্ভুত। প্রথমতঃ উহাদের একটি যুত-যৌগিক উৎপন্ন হয়। উহাকে 200°C পর্যন্ত তাপিত করিলে বোরাজোল (Borazole) নামে একটি বৃত্তাকার পদার্থের সৃষ্টি হয়।



$$B_2H_6 + 2NH_3 = B_2H_6.2NH_3$$
$$3(B_2H_6.2NH_3) = 2B_3N_3H_6 + 12H_2$$

[বোরাজোল]

ইহার সংরচনা :




অর্থাৎ বেনজিন জাতীয়

বৃত্তাকারের অনুরূপ। এই বর্ণহীন তরল পদার্থটির স্ফুটনাঙ্ক, 55°C। বেনজিনের মত এই অণুতেও দুইটি ইলেকট্রন বিভিন্ন যোজকের মধ্যে সংস্পন্দিত (resonance) হয়। তবে বোরাজোল বেশ সক্রিয়। এই বৃত্তাকার সংরচনার জন্য ইহার একটি নাম 'অজৈব বেনজিন'।

বোরাজোল HCl, $CH_3I$, $H_2O$ প্রভৃতির সঙ্গে যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে:



$$B_3N_3H_6 + 3HCl = B_3N_3H_9Cl_3$$

কিন্তু 100°C পর্যন্ত তাপমাত্রা উঠাইলে, বোরাজোলের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়:



$$B_3N_3H_6 + 3HCl = B_3N_3H_3Cl_3 + 3H_2$$

জলের সঙ্গে ফুটাইলে বোরাজোল আস্তে আস্তে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইতে থাকে,

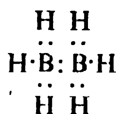


$$B_3N_3H_6 + 9H_2O = 3H_3BO_3 + 3H_2 + 3NH_3$$

ক্ষারকীয় দ্রবণে ফুটাইলে বোরাজোলের বৃত্ত ভাঙিয়া সম্পূর্ণ বিভাজন ঘটে।

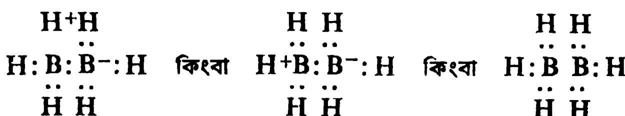
**ডাইবোরেণের আণবিক সংরচনা** (structure)। ডাইবোরেণ তথা অন্যান্য সমস্ত বোরেণের সংযুতি-সংকেত বা সংরচনা স্থির করা এক কঠিন সমস্যা। ডাইবোরেণে যোজ্যতার অংশ গ্রহণযোগ্য মোট বারটি ইলেকট্রন আছে, দুইটি বোরণের ছয়টি এবং হাইড্রোজেন হইতে ছয়টি। কিন্তু উহার সবগুলি বন্ধনই যদি সম-যোজ্যতা হয়, তাহা হইলে মোট চৌদ্দটি ইলেকট্রন প্রয়োজন। অর্থাৎ দুইটি যোজ্যতা-ইলেকট্রনের অভাব রহিয়াছে। এই সমস্যা সমাধানে বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন তত্ত্বের অবতারণা করা হইয়াছে।

(ক) সিজ্‌উইক (Sidgwick, 1927) বলেন ডাইবোরেণের সংযুতি ঠিক ইথেনের মত, কিন্তু উহার দুইটি হাইড্রোজেন বোরণের সঙ্গে একটি মাত্র ইলেকট্রন দ্বারা যুক্ত, অর্থাৎ উহাতে দুইটি একক-বন্ধতা (singlet linkage) আছে। কিন্তু অন্যান্য পরীক্ষা



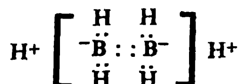
বা ধর্মের বিচারে ইহা গ্রহণযোগ্য মনে হইলেও, এই গঠন-সংকেত গ্রহণ করার বিশেষ একটি অসুবিধা আছে। দুইটি একক-ইলেকট্রন-যোজক থাকাতে এই অণুর সম-চুম্বকত্ব (paramagnetism) থাকিতেই হইবে। বস্তুতঃ এই পদার্থটি বিষম-চুম্বকীয় (diamagnetic) এই কারণেই এই সংরচনা গ্রহণ করা কঠিন।

(খ) পাউলিং মনে করেন, ডাইবোরেণ একটি সংস্পন্দিত অণু। উহাতে নানাধরণের ইলেকট্রন-সমাবেশ হইতে পারে। কোন ক্ষেত্রে আয়ন-বন্ধন দ্বারা হাইড্রোজেন যুক্ত আবার কোথাও সমযোজ্যতা-দ্বারা যুক্ত, যেমন,



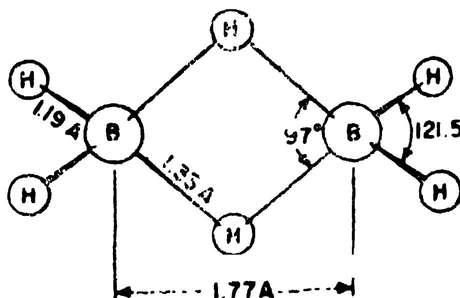
এইরূপ বিভিন্ন সম্ভাব্য সংযুতির একটি গড় অবস্থায় অণুটি রহিয়াছে। এখানে সংস্পন্দনের সাহায্যে ইলেকট্রনের অভাব পূরণ করা হইয়াছে।

(গ) ভাইবার্গ (Wiberg, 1936) বলেন, যে দুইটি বোরণের মধ্যে একটি দ্বিবন্ধ বর্তমান এবং দুইটি হাইড্রোজেন আয়ন-যোজ্যতায় যুক্ত।



ডাইবোরেণের একটু ক্ষীণ আম্লিক ধর্মের উপর এবং উহার অ্যামোনিয়ার সঙ্গে যুত-যৌগিক (additive) হওয়ার উপর এই সংকেত নির্ভর করে। তখন মনে করা হইয়াছিল, অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উৎপন্ন যৌগটি, $NH_4^+[H_2B^-=B^-H_2]NH_4^+$। কিন্তু এখন জানা গিয়াছে, উহাতে B—N—B এইরূপ সংযোগ রহিয়াছে, অর্থাৎ সংকেতটি $[BH_3-NH_2-BH_3]^-$ সুতরাং ভাইবার্গের প্রস্তাবও গ্রহণযোগ্য নয়।

(ঘ) বর্তমানে যে সংরচনা ডাইবোরেণ জন্য ধরা হয়, উহা প্রস্তাব করেন ডিলথে (Dilthey)। ইহাতে চারটি হাইড্রোজেন সহ দুইটি বোরণ পরমাণু এক সমতলে




চিত্র ১৬ক। ডাইবোরেণের সংরচনা-সংকেত

থাকে। অবশিষ্ট দুইটি হাইড্রোজেন দুইটি বোরণের মধ্যে থাকিয়া উহাদের যুক্ত করে। একটি হাইড্রোজেন পূর্বোক্ত সমতলের উপরে অপরটি সমতলের নীচে থাকে। বোরণ দুইটি সরাসরি যুক্ত নয়; হাইড্রোজেনদ্বয়ের মাধ্যমে যুক্ত। এই দুইটি হাইড্রোজেনের বন্ধনের মধ্যেও সংস্পন্দন থাকা সম্ভব। এইরূপ H-সাঁকোর মাধ্যমে সংযুতি বা গঠনের স্বপক্ষে কয়েকটি যুক্তি আছে।

(১) এইরূপ গঠন হইলে অণুটি বিষম-চুম্বকীয় হইবে।

(২) ডাইবোরেণের যুত-যৌগিক বিক্রিয়াগুলি সহজে বোঝা যায়;



$$B_2H_6 + 2CO = 2BH_3.CO$$



$$B_2H_6 + 2NH_3 = NH_4[BH_3-NH_2-BH_3]$$

(৩) ডাইবোরেণের চারটি হাইড্রোজেনকে মিথাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন করা যায়, উহার বেশী পারা যায় না। অর্থাৎ অণুর দুইটি হাইড্রোজেন অপর হাইড্রোজেন অপেক্ষা ভিন্নধর্মী। $B_2H_6 \rightarrow Me_4B_2H_2$।

(৪) ইলেকট্রন-বিবর্তন পরীক্ষা এবং রমন-বর্ণালী পরীক্ষা হইতেও এই সংগঠন সমর্থিত হইয়াছে। চারটি B-H যোজ্যতার দৈর্ঘ্য 1.19A°, অর্থাৎ সমযোজ্যতায় যাহা

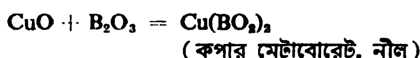
থাকা উচিত তাই। কিন্তু সাঁকো-সৃষ্টিতে যে যোজ্যতার সৃষ্টি হইয়াছে উহার দৈর্ঘ্য 1.33 A°, অনেকটা বেশী। সাঁকো সৃষ্টিতে s-কক্ষক এবং p-কক্ষকের পরিবর্তন ঘটে এবং $sp^2$-সংকর-কক্ষকের আবির্ভাব হয়।

**১৬-৪। বোরণ ট্রাই-অক্সাইড, $B_2O_3$।** অক্সিজেনে বোরণের দহনের ফলে অবশ্য বোরণ ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়, কিন্তু সচরাচর বোরিক অ্যাসিডকে উচ্চতাপমাত্রায় তাপিত করিয়াই উহা তৈয়ার হয়।



$$2H_3BO_3 = B_2O_3 + 3H_2O$$

বোরণ ট্রাই-অক্সাইড একটি সাদা কাচের মত কঠিন অনুদ্বায়ী পদার্থ। গলিত অবস্থায় উহা নানা ধাতব অক্সাইড দ্রবিত করিয়া থাকে। কোন কোন ধাতব অক্সাইড এইভাবে দ্রব হইয়া বিশিষ্ট রংয়ের কাচের মত দেখায়। দীপশিখায় বোরাক্সগুটি পরীক্ষায় ইহা ঘটে।



$$CuO + B_2O_3 = Cu(BO_2)_2$$
(কপার মেটাবোরেট, নীল)

বোরণ-অক্সাইড আম্লিক, উহা জলে দ্রব হইয়া বোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়;



$$B_2O_3+3H_2O = 2H_3BO_3$$

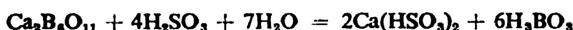
প্রধানতঃ অম্লজাতীয় হইলেও, উহার কিছু ক্ষীণ ক্ষারধর্মও দেখা যায়; যেমন ফস-ফরিক অ্যাসিডের সঙ্গে একত্র ফুটাইয়া শুষ্ক করিলে বোরণ ফসফেট পাওয়া যায়।



$$B_2O_3 + P_2O_5 = 2BPO_4$$

**১৬-৫। বোরিক অ্যাসিড. $H_3BO_3$।** ইহার নাম মূলতঃ অর্থো-বোরিক অ্যাসিড কিন্তু সচরাচর বোরিক অ্যাসিড নামেই পরিচিত। কোথাও আবার ইহাকে বোরাসিক অ্যাসিড নামে উল্লেখ করা হয়।

**প্রস্তুতি।** (১) বোরিক অ্যাসিড প্রকৃতিজাত কোলেম্যানাইট খনিজ, $Ca_2B_6O_{11}$, $5H_2O$ হইতে প্রস্তুত করা হয়। বিচূর্ণ কোলেম্যানাইট ফুটন্ত জলে লইয়া উহাতে $SO_2$-গ্যাস প্রবাহিত করা হয়:



$$Ca_2B_6O_{11} + 4H_2SO_3 + 7H_2O = 2Ca(HSO_3)_2 + 6H_3BO_3$$

বিক্রিয়া শেষে উহা ঠাণ্ডা হইলে, বোরিক অ্যাসিড কেলাসিত হইয়া আসে কিন্তু ক্যাল-সিয়াম বাইসালফাইট দ্রবিত অবস্থাতেই থাকে।

(২) বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$) হইতেও বোরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। কোথাও প্রকৃতিলব্ধ বোরাক্স লওয়া হয় অথবা কোলেম্যানাইট হইতে প্রথমে বোরাক্স তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। এখন উষ্ণ ও সম্পৃক্ত বোরাক্স দ্রবণে প্রয়োজনীয় পরিমাণ গাঢ় HCl অথবা $H_2SO_4$ মিশাইয়া উহাকে ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করিলে বোরিক অ্যাসিড বাহির হইয়া আসে:



$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$$

**ধর্ম।** ছোট ছোট সাদা চকচকে পাতের মত স্ফটিকাকারে বোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই পদার্থটি নরম এবং সাবানের মত কিঞ্চিৎ পিচ্ছিল। জলীয় বাষ্পের সঙ্গে

উহা বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং বর্ণহীন বুনসেন দীপে উহা একটা সবুজ রংয়ের সৃষ্টি করে। শীতল জলে ইহা সামান্য দ্রব হয়। কিন্তু গরম জলে ইহার দ্রাব্যতা যথেষ্ট।

ইহার জলীয় দ্রবণ একটি অত্যন্ত মৃদু অম্ল, $K_a = 6 \times 10^{-10}$। এই দ্রবণে উহার একটি মাত্র হাইড্রোজেন সামান্য আয়নিত হইয়া থাকে; $H_3BO_3 \rightleftharpoons H^+ + H_2BO_3^-$। এই দ্রবণ নীল লিটমাস্‌কে মৃদু লাল করে বটে, কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের উপর উহার কোন প্রভাব নাই। এইজন্য বোরিক অ্যাসিডকে সরাসরি টাইট্রেশন করা যায় না। যদি জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে গ্লিসারল মিশাইয়া লওয়া হয়, তাহা হইলে ফেনল-থ্যালিন নির্দেশক সাহায্যে বোরিক অ্যাসিড টাইট্রেশন করা সম্ভব। গ্লিসারল বোরণের সঙ্গে জটিল চিলেট-যৌগ সৃষ্টি করার ফলে বোরিক অ্যাসিডের সব হাইড্রোজেনই আয়নিত হইতে সক্ষম হয়।

বোরিক অ্যাসিডের উপর তাপের ক্রিয়া বিশেষ তাৎপর্যপূর্ণ। 100°C তাপমাত্রায় বোরিক অ্যাসিড হইতে খানিকটা জল দূরীভূত হয় এবং উহা মেটাবোরিক অ্যাসিডে $(HBO_2)$ পরিণত হয়।



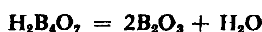
$$H_3BO_3 \xrightarrow{100^\circ C} HBO_2 + H_2O$$

তাপমাত্রা বাড়াইয়া যদি 140°C-এ রাখা হয়, তাহা হইলে আরও জল চলিয়া যাওয়াতে পাইরোবোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$4HBO_2 \xrightarrow{140^\circ C} H_2B_4O_7 + H_2O$$

লোহিত তাপে শেষ পর্যন্ত উহা বোরিক অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে:



$$H_2B_4O_7 = 2B_2O_3 + H_2O$$

কঠিন অবস্থায় মেটাবোরিক অ্যাসিড এবং পাইরোবোরিক অ্যাসিড অবশ্যই প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু জলীয় দ্রবণে ইহারা বোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া থাকে। কিন্তু ইহাদের লবণগুলি কঠিন ও দ্রব উভয় অবস্থায় থাকিতে পারে।

আরও অতিরিক্ত পরিমাণ বোরণ-সমন্বিত অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় না থাকিলেও লবণের দ্বারা উহাদের অস্তিত্ব প্রমাণ করে। যেমন, ক্যালসিয়াম হেক্সাবোরেট, $Ca_2B_6O_{11}$ অথবা ম্যাগনেসিয়াম অক্টাবোরেট, $Mg_3B_8O_{15}$।

**ব্যবহার।** মৃৎশিল্পে বা পর্সেলীনের চিক্কন-লেপের জন্য এবং এনামেল প্রস্তুতির জন্য বোরিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়। মৃদু বীজ-বারক হিসাবে এবং ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

**১৬-৬। বোরেট লবণ।** অর্থোবোরিক অ্যাসিডের লবণ খুব কমই আছে। $Mg_3(BO_3)_2$, $ScBO_3$ ইত্যাদি উহার উদাহরণ। কিন্তু মেটা ও পাইরোবোরিক অ্যাসিডের নানা লবণ পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে, বিশেষ প্রয়োজনীয় কয়েকটি লবণের বিষয় এখানে আলোচনা করা হইল।

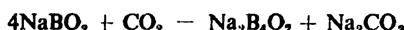
**বোরাক্স** (Borax), সোডিয়াম টেট্রাবোরেট ডেকাহাইড্রেট, $Na_2B_4O_7, 10H_2O$। সমস্ত বোরেট লবণের মধ্যে ইহার গুরুত্বই সর্বাধিক। ইহার বাংলা নাম, সোহাগা। প্রকৃতিতে কোন কোন জায়গায় ইহা পাওয়া যায়। তিব্বত, সিংহল, উত্তর আমেরিকাতে খনিজ বোরাক্স পাওয়া যায়। (১) বিচূর্ণ খনিজ উষ্ণজলে দ্রবীভূত করিয়া ছাঁকিয়া ঠাণ্ডা করিলেই বোরাক্স লবণ কেলাসিত অবস্থায় পাওয়া সম্ভব।

(২) কিন্তু প্রধানতঃ কোলেম্যানাইট খনিজ $Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$ হইতেই বোরাক্স তৈয়ারী করা হয়। এই খনিজচূর্ণ সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে ফুটাইলে বোরাক্স এবং সোডিয়াম মেটাবোরেট দ্রবণ পাওয়া যায়:



$$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = 2CaCO_3 + Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট ছাঁকিয়া অপসারিত করা হয় এবং পরিস্রুতটি গাঢ় করিলে বোরাক্স কেলাসিত হয়। উহা পৃথক করিয়া শেষ-দ্রবে $CO_2$-গ্যাস পরিচালনা করিয়া আরও বোরাক্স উৎপন্ন করা হয়।



$$4NaBO_2 + CO_2 = Na_2B_4O_7 + Na_2CO_3$$

বোরাক্স লবণ যখন সাধারণ উষ্ণতায় কেলাসিত হয়, উহাতে দশটি জলের অণু থাকে, $Na_2B_4O_7, 10H_2O$। কিন্তু 62°C উষ্ণতার উপরে যদি উহার কেলাসন হয় তাহা হইলে পেন্টাহাইড্রেট স্ফটিক হয়, অর্থাৎ $Na_2B_4O_7, 5H_2O$।

শীতল জলে বোরাক্সের দ্রাব্যতা খুবই কম, কিন্তু গরম জলে বোরাক্স বেশ দ্রব হয়। উহার জলীয় দ্রবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণ হেতু ক্ষারকীয়:



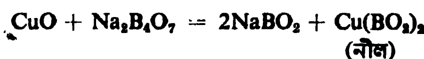
$$Na_2B_4O_7 + 7H_2O = 4H_3BO_3 + 2NaOH$$

জলীয় দ্রবণে ফেনলথ্যালিন নির্দেশক দিলে লাল রং দেখায়। বোরাক্সের দ্রবণকে অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মত টাইট্রেশন করা যায় (মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করিতে হইবে)।



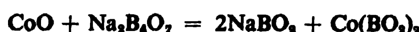
$$Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$$

বোরাক্স উত্তপ্ত করিলে, উহার কেলাসজল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং লবণটি ফুলিয়া ওঠে। তাপমাত্রা আরও বাড়াইলে উহা গলিয়া কাঁচের মত স্বচ্ছ হইয়া ওঠে। এই স্বচ্ছ গলিত বোরাক্স নানা রকম ধাতব অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া বিভিন্ন বর্ণের মেটাবোরেটে পরিণত হইয়া থাকে। যেমন,



$$CuO + Na_2B_4O_7 = 2NaBO_2 + Cu(BO_2)_2$$
(নীল)

**বোরাক্সের গুটি পরীক্ষা।** একটা ছোট সরু প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলীতে একটু বোরাক্স লইয়া বুনসেন দীপে ধরিলে উহা ক্রমে গলিয়া একটি স্বচ্ছ গুটিতে পরিণত হয়। অতি সামান্য একটু CoO উহাতে রাখিয়া আবার গালাইলে গুটিটি স্বচ্ছ নীল বর্ণ ধারণ করে। ইহা কোবাল্টের একটা পরীক্ষা বলিয়া ধরা হয়। এইরূপ অন্যান্য ধাতুরও বিক্রিয়া হয় এবং বিভিন্ন রংয়ের বোরাক্সগুটি পাওয়া যায়।



$$CoO + Na_2B_4O_7 = 2NaBO_2 + Co(BO_2)_2$$

বুনসেন দীপের জারণ ও বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন রঙ হইতে পারে। কয়েকটি ধাতুর এইরূপ পরীক্ষার রং নীচে দেওয়া হইল

| যে ধাতুর যৌগ | কোবাল্ট | ক্রোমিয়াম | আয়রণ | কপার | ম্যাঙ্গানিজ | নিকেল |
|---|---|---|---|---|---|---|
| জারণ-শিখায় | গাঢ় নীল | সবুজ | হলদে | নীলাভ সবুজ | রক্তাভ | তামাটে |
| বিজারণ-শিখায় | ,, | সবুজ | ফিকে সবুজ | লালচে | বর্ণহীন | ধূসর |

**বোরাক্সের ব্যবহার।** কোন কোন ধাতু গলাইয়া বিশুদ্ধ করার সময় বোরাক্স বিগালক হিসাবে ব্যবহৃত হয়, উহা মালিন্য শোষণ করিয়া লয়। ঐ কারণেই দুইটি ধাতুর পাত জোড়া দেওয়ার সময়ও উহা প্রয়োজন হয়। বিশেষ ধরণের উন্নত কাচ প্রস্তুত করিতে (বোরো-সিলিকেট কাচ) বোরাক্স ব্যবহার করা হয়। ঐ সব কাচের প্রতিসরণাঙ্ক বেশী, প্রসার্যতা কম এবং বিশেষ শক্ত। এনামেল এবং মৃৎশিল্পের চিক্কন-লেপের (glazes) জন্য বোরাক্স ব্যবহার হয়।

**সোডিয়াম মেটাবোরেট পারহাইড্রেট,** $NaBO_2, H_2O_2, 3H_2O$। তড়িৎ-সেলে বোরাক্স দ্রবণের অ্যানোডীয়-জারণে এই লবণটি তৈয়ারী করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট এবং বোরাক্সের দ্রবণ একটি তড়িৎ-বিশ্লেষণ সেলে লইয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে Pt-জালির অ্যানোডে ইহা উৎপন্ন হয়। অ্যানোডীয় দ্রবণ বাহির করিয়া কেলাসিত করিলে বর্ণহীন স্ফটিকাকারে ইহা পাওয়া যায়। ইহার দ্রবণ ক্ষারকীয়। জলীয় দ্রবণে ইহা $H_2O_2$ এবং বোরাক্সের মিশ্রণের মত ব্যবহার করে। ইহার যথেষ্ট জারণ-শক্তি এবং বিরঞ্জন-শক্তি (bleaching) আছে। দাঁতের মাজনে, পাউডার সাবানে, বীজবারক প্রস্তুতিতে এবং বিরঞ্জক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**সোডিয়াম পারবোরেট,** $NaBO_3$। বোরাক্স, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং সোডিয়াম পার-অক্সাইড এই তিনটি মিশ্র-দ্রবণ ধীরে ধীরে অনেকক্ষণ উষ্ণ অবস্থায় রাখিয়া পরে ঠাণ্ডা করিয়া কেলাসিত করিলে সোডিয়াম পারবোরেট লবণ পাওয়া যায়।



$$Na_2B_4O_7 + Na_2O_2 + 3H_2O_2 = 4NaBO_3 + 3H_2O$$

জারণ-ক্রিয়ার জন্য এবং বিরঞ্জন ক্ষমতার জন্য ইহা নানা প্রসাধন দ্রব্যে, দামী সাবান প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। KI হইতে ইহা তৎক্ষণাৎ আয়োডিন নিষ্কাশিত করিয়া থাকে।

**১৬-৭। বোরণের অন্যান্য যৌগ।** **বোরণ ট্রাইক্লোরাইড,** $BCl_3$। সাধারণ নিয়মানুযায়ী বোরণ ট্রাই-অক্সাইড এবং কার্বনের মিশ্রণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে বোরণ ট্রাইক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$B_2O_3 + 3Cl_2 + 3C = 2BCl_3 + 3CO$$

উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে খুব ঠাণ্ডা U-নলের ভিতরে ঘনীভূত করিয়া $BCl_3$ পৃথক করা হয়। এই ক্লোরাইড জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়;



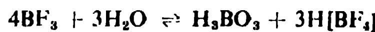
$$BCl_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HCl$$

**বোরণ ট্রাইফ্লুরাইড, $BF_3$।** বোরণ ট্রাই-ফ্লুরাইডকে সোডিয়াম ফ্লুরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিয়া বোরণ ফ্লুরাইড তৈয়ারী করা হয়।



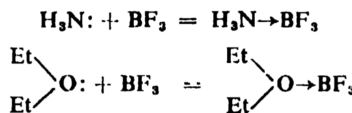
$$B_2O_3 + 6NaF + 3H_2SO_4 \rightarrow 2BF_3 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

বোরণ ফ্লুরাইড বর্ণহীন গ্যাস। জলীয় দ্রবণে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে ফ্লুয়োবোরিক অ্যাসিড এবং বোরিক অ্যাসিড হয়।



$$4BF_3 + 3H_2O \rightleftharpoons H_3BO_3 + 3H[BF_4]$$

$BF_3$ একটি লিউইস অ্যাসিডের ন্যায় ব্যবহার করে। এইভাবে অ্যামোনিয়া এবং উহা হইতে উৎপন্ন যৌগ, ইথার, এস্টার এবং ফসফিন প্রভৃতি সকলেই $BF_3$-র উপস্থিতিতে ইলেকট্রন-দাতার ন্যায় কাজ করে। যেমন,



$$H_3N: + BF_3 = H_3N \rightarrow BF_3$$

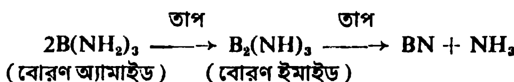
$$Et_2O: + BF_3 = Et_2O \rightarrow BF_3$$

বোরণ ট্রাই-ফ্লুরাইডের এই ধর্মের উপর নির্ভর করিয়া উহাকে জৈব-রসায়নের বিভিন্ন বিক্রিয়ায় প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করা হইয়াছে।

**বোরণ-নাইট্রাইড, BN।** নাইট্রোজেন গ্যাসে 1200°C-এ বোরণকে উত্তপ্ত করিলে বোরণ নাইট্রাইড পাওয়া যায়। বোরণ অ্যামাইডের তাপ বিভাজনে আরও সহজে বোরণ নাইট্রাইড প্রস্তুত সম্ভব।

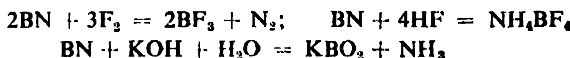


$$BCl_3 + 6NH_3 = B(NH_2)_3 + 3NH_4Cl$$



$$\underset{(\text{বোরণ অ্যামাইড})}{2B(NH_2)_3} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{(\text{বোরণ ইমাইড})}{B_2(NH)_3} \xrightarrow{\text{তাপ}} BN + NH_3$$

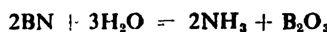
বোরণ নাইট্রাইড একটি দৃঢ়, স্থায়ী এবং গলনরোধী সাদা কঠিন পদার্থ। ইহা সহজে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না। $Cl_2$, $Br_2$ বা গাঢ় অ্যাসিড দ্বারা ইহা আক্রান্ত হয় না। একমাত্র ফ্লুরিন বা হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উহা বোরণ-ফ্লুরাইড দেয়। ক্ষারের সঙ্গে গলাইলে উহা মেটাবোরেটে পরিণত হয়।



$$2BN + 3F_2 = 2BF_3 + N_2; \quad BN + 4HF = NH_4BF_4$$

$$BN + KOH + H_2O = KBO_2 + NH_3$$

স্টীমের সহিত উত্তপ্ত করিলে BN, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

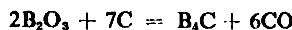


$$2BN + 3H_2O = 2NH_3 + B_2O_3$$

বোরণ নাইট্রাইড স্ফটিকাকার গ্র্যাফাইটের মত। ষট্‌কোনী বৃত্তাকারে বোরণ নাইট্রাইড কেলাসের বিভিন্ন স্তরে থাকে। এইহেতু বোরণ নাইট্রাইডকে **'অজৈব গ্র্যাফাইট'** বলা হয়। অত্যন্ত উচ্চচাপে, 3000°C-এ দীর্ঘকাল উত্তপ্ত করিলে উহা হীরকের চেয়েও শক্ত একটি পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। উহার নাম, 'বোরাজোন' (Borazon)।

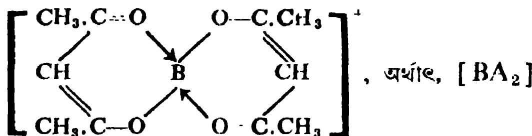
**বোরণ কার্বাইড, $B_4C$।** বিচূর্ণ বোরণ অক্সাইড এবং কার্বনের মিশ্রণকে বিদ্যুৎ-চুল্লীতে 2500°C-এ উত্তপ্ত করিয়া এই কাল কিন্তু উজ্জ্বল অত্যন্ত কঠিন বোরণ কার্বাইড

পাওয়া যায়। ইহা অত্যন্ত শক্ত এবং ধাতু মসৃণ করার কাজে ব্যবহৃত হয়। বাজারে ইহা 'নরবাইড' (Norbide) নামে পরিচিত।



$$2B_2O_3 + 7C = B_4C + 6CO$$

**১৬-৮। ক্যাটায়নিক বোরণ।** জটিল ক্যাটায়নে কোন কোন সময় বোরণকে অংশ নিতে দেখা যায়। $\beta$-ডাইকিটোনের সঙ্গে বোরণ পরমাণুর চিলেট সংযোগের ফলে জটিল-আয়ন সৃষ্টি হয়। এই পরাধর্মী জটিল-আয়নের আধান 'এক'।



, অর্থাৎ, $[BA_2]$

[$A = CH_3COCH_2COCH_3$ (কিটো) $\rightleftharpoons CH_3COCH \cdot C(OH)CH_3$ (ইনোল)

ইহার বিভিন্ন স্থায়ী লবণ প্রস্তুত হইয়াছে, যেমন,



$$[BA_2]I, \quad [BA_2]_2[PtCl_6], \quad [BA_2][AuCl_4]$$

**১৬-৯। বোরণের যৌগের পরীক্ষা।** বোরণকে সচরাচর বোরেট বা বোরিক অ্যাসিড হিসাবে পরীক্ষা করা হয়।

(ক) চারকোলে লইয়া বোরেটকে একফোঁটা কোবাল্ট-নাইট্রেট দ্রবণসহ জারণ-শিখায় উত্তপ্ত করিলে উহা নীল হইয়া যায়।

(খ) একটি পর্সেলীনের মুচিতে বোরেট, ইথাইল কোহল এবং গাঢ় $H_2SO_4$ মিশাইয়া উহাতে আগুণ ধরাইয়া দিলে, একটি সুন্দর সবুজ শিখার সৃষ্টি হয়।

(গ) প্লাটিনাম কুণ্ডলীতে সামান্য একটু বোরেট, $CaF_2$ এবং $H_2SO_4$ অ্যাসিডের মিশ্রণ লইয়া বুনসেন দীপের শিখার গোড়ার দিকের সংস্পর্শে আনিলে শিখাটি সবুজ হইয়া যায়।

(ঘ) বোরেটের প্রশম দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে প্রথমে সাদা সিলভার মেটাবোরেটের ($AgBO_2$) অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। জলে ফুটাইলে এই অধঃক্ষেপ কাল $Ag_2O$-এ পরিণত হয়।

(ঙ) হলুদের প্রলেপ-যুক্ত কাগজ (turmeric paper) বোরেটের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে ডুবাইলে উহা তামাটে-লাল হইয়া যায়।

## অ্যালমিনিয়াম ✓

চিহ্ন Al, ক্রমাঙ্ক 13, পাঃগুরুত্ব 26.97, ইলেকট্রনবিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

অ্যালুমিনিয়াম মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে থাকে না সত্য, কিন্তু উহার বহুরকমের যৌগ প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীতে পাওয়া যায়। বস্তুতঃ, সমস্ত ধাতুর ভিতরে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণই ভূপৃষ্ঠে সর্বাধিক। উহার অধিকাংশই সিলিকেট হিসাবে মাটিতে বা মাটি-পাথরে থাকে। অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি বিশেষ খনিজের নাম এখানে উল্লিখিত হইল:

(১) অক্সাইড : (ক) বক্সাইট (Bauxite), $Al_2O_3$, $2H_2O$

(খ) জিবসাইট (Gibbsite), $Al_2O_3$, $3H_2O$

(২) ফ্লুরাইড : ক্রায়োলাইট (Cryolite), $Na_3AlF_6$

(৩) সালফেট : অ্যালুনাইট (Alunite), $Al_2(SO_4)_3$, $K_2SO_4,4Al(OH)_3$

(৪) সিলিকেট ঃ (ক) ফেল্ডস্পার (Feldspar), $KAlSi_3O_8$

(খ) ক্যাওলিন (Kaolin); $H_4Al_2Si_2O_9$ ইত্যাদি।

পৃথিবীর অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়ামই সিলিকেট অবস্থায় থাকে কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে ধাতুটি উৎপাদন করা কষ্টকর। অ্যালুমিনিয়ামের আর একটি প্রশস্ত আকরিক, বক্সাইট, উহাতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থাকে। কিন্তু অধিক উষ্ণতাতেও কার্বন দ্বারা উহাকে সহজে বিজারিত করা যায় না। ইহাছাড়া, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে উহা ভাস্বর হইয়া উঠে, গলে না এবং উহা বিদ্যুৎ-অপরিবাহী। এইজন্য সোজাসুজি অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎবিশ্লেষণও সম্ভব হয় না। এই সকল অসুবিধার জন্য বহুদিন পর্যন্ত অ্যালুমিনিয়াম ধাতু মোটেই সহজলভ্য ছিল না।

1886 সালে হল (Hall) এবং হেরোঁ (Heroult) উভয়েই দেখিতে পান যে বক্সাইট গলে না এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহীও নয়, কিন্তু বক্সাইট গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণের যথেষ্ট বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা আছে। গলিত ক্রায়োলাইটে বক্সাইট দ্রবীভূত করিয়া যদি উহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া যায় তাহা হইলে বক্সাইট বিয়োজিত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়। এই আবিষ্কারের ফলেই প্রচুর পরিমাণে অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

**১৬-১০। অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতি।** বর্তমানে সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামই বক্সাইট হইতে তড়িৎবিশ্লেষণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। বক্সাইটের ভিতর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সাধারণতঃ 50-60% ভাগ মাত্র থাকে। ইহার সহিত প্রধানতঃ আয়রণ অক্সাইড ($Fe_2O_3$) ও সিলিকা ($SiO_2$) মিশ্রিত থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ করার পূর্বে বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধতর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা ($Al_2O_3$) তৈয়ারী করিয়া লওয়া প্রয়োজন। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। প্রয়োজন-বোধে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের পুনরায় তড়িৎ-বিশোধন [Electro-refining] করা হয়। অ্যালুমিনিয়ামের উৎপাদন-পদ্ধতিটি এইভাবে তিনটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে সম্পাদিত হয় :

(১) বক্সাইট হইতে শুদ্ধতর অ্যালুমিনা প্রস্তুতি,

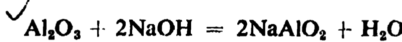
(২) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ, এবং

(৩) উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

**অ্যালুমিনা প্রস্তুতি।** বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনা তৈয়ারী করার জন্য বিভিন্ন উপায় অবলম্বিত হয়। ইহাদের মধ্যে বেয়ারের এবং হলের পদ্ধতিই প্রধান।

**(ক) বেয়ার-পদ্ধতি** (Bayer's process)। বিচূর্ণ বক্সাইটকে প্রথমে বাতাসে উত্তপ্ত করা হয়। এই ভস্মীকরণে (calcination) ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। তারপর এই বক্সাইটকে অতিরিক্ত চাপে (80 lbs) রাখিয়া 150°C তাপমাত্রায় গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণে জীর্ণ করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড

ইহাতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়। খানিকটা সিলিকাও সোডিয়াম সিলিকেটে পরিবর্তিত হয়; আয়রণ অক্সাইড অপরিবর্তিত থাকে।

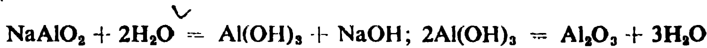


$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$



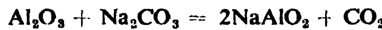
$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$$

ফেরিক অক্সাইডকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত লঘু দ্রবণে সদ্য-প্রস্তুত $\beta$-অ্যালুমিনা বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়া দ্রুত আলোড়িত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট হইতে সম্পূর্ণ অ্যালুমিনিয়াম $Al(OH)_3$-রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া লইয়া শুষ্ক করা হয় এবং তারপর উহা দহন করিলে (ignited) শুদ্ধতর অ্যালুমিনা পাওয়া যায়।



$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 + NaOH;\ 2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

(খ) হলের পদ্ধতি (Hall's process)। এই পদ্ধতিতে বিচূর্ণ বক্সাইটকে সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে মিশাইয়া খুব উত্তপ্ত করা হয়। খানিকটা চুনও প্রায়ই দেওয়া হয়, যাহাতে সিলিকা অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন হয়। তৎপর মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া জল দিয়া উত্তমরূপে অপক্ষালন করা হয় যাহাতে সমস্ত অ্যালুমিনেট দ্রবিত হয়। এই দ্রবণটি হইতে $Fe_2O_3$, $CaSiO_3$ ও অন্যান্য অদ্রাব্য পদার্থ ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। অতঃপর 50°C-এ $CO_2$-গ্যাস দ্রবণে চালনা করিয়া অ্যালুমিনেটকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে $Al(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহার দহনে অ্যালুমিনা পাওয়া যায়।

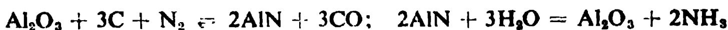


$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2$$



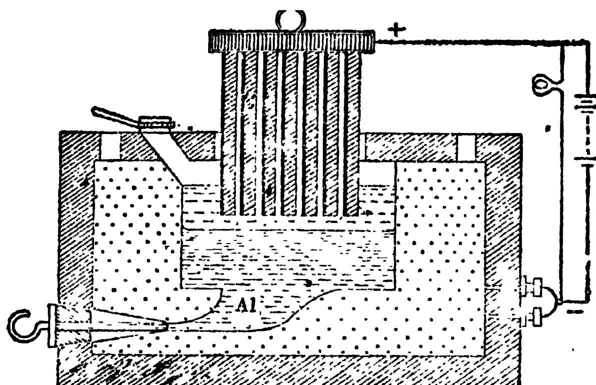
$$2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + Na_2CO_3$$

এক সময়ে 'সারপেক পদ্ধতিতে' বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনা তৈয়ারী হইত। 1800°C-এ নাইট্রোজেন গ্যাসে কার্বনের সঙ্গে বক্সাইট উত্তপ্ত করিয়া AlN তৈয়ারী করা হইত। তৎপর উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ হইতে $Al(OH)_3$ পাওয়া যাইত। অতিরিক্ত ব্যায়ের জন্য এই পদ্ধতি এখন আর প্রচলিত নয়।



$$Al_2O_3 + 3C + N_2 = 2AlN + 3CO;\ 2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3$$

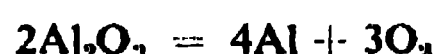
(২) তড়িৎ-বিশ্লেষণ। অতঃপর ইস্পাতের তৈয়ারী ছোট ছোট লোহার ট্যাঙ্কে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাঙ্কের অভ্যন্তরে উহার দেওয়াল ও মেঝে প্রায় এক ফুট পুরু গ্র্যাফাইট কার্বন দ্বারা আবৃত থাকে। এই গ্র্যাফাইট তড়িৎ-বিশ্লেষণের ক্যাথোডের কাজ করে আর এক সারি গ্র্যাফাইট দণ্ড উপর হইতে ট্যাঙ্কের মধ্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। ইহারা অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ট্যাঙ্কের ভিতরে বিচূর্ণ ক্রায়োলাইট লইয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে উহাকে গলান হয় এবং তৎপর গলিত ক্রায়োলাইটের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ যাইতে থাকে। এইভাবে উহাকে তরলিত অবস্থায় প্রায় 870°C উষ্ণতায় রাখা হয়। অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে অ্যালুমিনা-চূর্ণ (20%) দেওয়া হয়। উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। ইহার সহিত অল্প পরিমাণে ফ্লুয়োস্পারও দেওয়া হয়। ফ্লুয়োস্পার দিলে মিশ্রণটির সান্দ্রতা কমিয়া তরলতা বৃদ্ধি পায়। মিশ্রণটিতে উপাদানগুলির




চিত্র ১৬-খ। অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতি

অনুপাত---ক্রায়োলাইট : অ্যালুমিনা : ফ্লুয়োস্পার = 80:20:7। অ্যানোড ও ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত জুড়িয়া দিলে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হয় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম সঞ্চিত হয়। তরল অবস্থায় উহা গলিত ক্রায়োলাইটের নীচে জমিতে থাকে এবং প্রয়োজনমত নীচের দিকের একটি নির্গম-নল সাহায্যে বাহির করিয়া লওয়া হয়। অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং সেল হইতে বাহির হইয়া যায়। অধিক উষ্ণতার জন্য এই অক্সিজেন অ্যানোডের গ্র্যাফাইটকেও আক্রমণ করে। অ্যানোডের অপচয় নিবারণের জন্য গলিত ক্রায়োলাইটের উপর বিচূর্ণ কোক ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে অ্যানোডের পরিবর্তে অক্সিজেনে কোকচূর্ণই জ্বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্রমশঃ অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া আসিতে থাকে এবং গলিত মিশ্রণটির বিদ্যুৎ-পরিবাহিতাও কমিয়া যায়। ব্যাটারীর সহিত এই সেল যুক্ত করার সময় খানিকটা বিদ্যুৎ-প্রবাহ একটি বালবের ভিতর দিয়া যাওয়ার ব্যবস্থা করা হয়। যখন ক্রায়োলাইট-মিশ্রণের বিদ্যুৎবাহিতা কমিয়া যায় তখন অধিকতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ বালবের ভিতর দিয়া গিয়া উহাকে প্রজ্বলিত করিয়া দেয়। ইহা ট্যাঙ্কের ভিতরের বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে। তখন আরও অ্যালুমিনা-চূর্ণ দেওয়া হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণটি অবিরাম চলিতে থাকে (চিত্র ১৬-খ)।

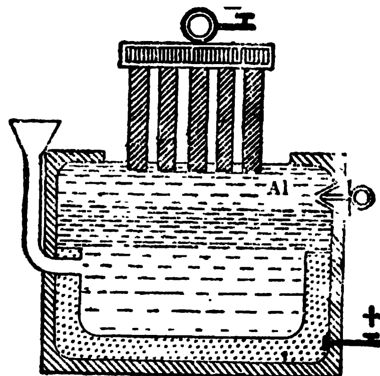
বিদ্যুৎ-প্রবাহ এবং উহার চাপ (ভোল্টেজ) এরূপভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যাহাতে ক্রায়োলাইট বা ফ্লুয়োস্পারের কোন রূপান্তর ঘটে না, কিন্তু অ্যালুমিনা বিয়োজিত হইয়া যায় :



$$2Al_2O_3 = 4Al + 3O_2$$

সাধারণতঃ প্রতি সেলে 5-6 ভোল্ট এবং প্রতি এক বর্গ ডেসিমিটারে ইলেকট্রোডে একশত অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়।

(৩) **অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।** [হুপ-পদ্ধতি, Hoope's Process]: বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়, উহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। এইজন্য উহাকে পরিশোধিত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থাতেই আর একটি সেলে লইয়া যাওয়া হয়। এই সেলে NaF, $BaF_2$ এবং $AlF_3$-এর একটি মিশ্রণ গলিত অবস্থায় থাকে। উহার উপরে কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয় এবং নীচে অবিশুদ্ধ গলিত অ্যালুমিনিয়াম অ্যানোডের কাজ করে। বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম মিশ্রণ হইতে ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়।




চিত্র ১৬-গ
হুপ-পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম বিশোধন

যে সকল দেশে বক্সাইট নাই সেখানে সিলিকেট খনিজ (যথা, ক্যাওলিন) হইতে অ্যালুমিনিয়াম তৈয়ারীর ব্যবস্থা হইয়াছে।

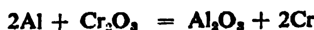
**অ্যান্‌কর লাইম সিন্টার পদ্ধতি।** সিলিকেট খনিজ এবং বিচূর্ণ চুনাপাথর একত্র একটি চুল্লীতে 1300~1400°C উত্তপ্ত করিলে উহার মধ্যে ছোট ছোট কঙ্কর (sinter) তৈয়ারী হয় উহাতে প্রধানতঃ থাকে 2CaO, $SiO_2$। এই কাঁকরগুলিকে লঘু সোডিয়াম অ্যালুমিনেট দ্রবণ (পূর্ব প্রক্রিয়াজাত) দ্বারা অপক্ষালন করা হয়। কাঁকর হইতে অ্যালুমিনা এই দ্রবণে চলিয়া আসে। ক্যালসিয়াম সিলিকেট ছাঁকিয়া সরাইয়া লওয়া হয়। দ্রবণে তখন β-অ্যালুমিনা দেওয়া হয় এবং কিছু $CO_2$ গ্যাস চালিত করা হয়। অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়াম তখন $Al(OH)_3$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ও উহাকে ছাঁকিয়া এবং $Al_2O_3$-তে পরিণত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। দ্রবণটি আবার কাঁকর অপক্ষালনে ব্যবহৃত হয়।

**অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম।** (ক) অ্যালুমিনিয়ামের রং সাদা কিন্তু উহার একটি ঈষৎ-নীলাভ দ্যুতি আছে। ধাতুটি অত্যন্ত হাল্‌কা, ইহার ঘনত্ব মাত্র 2.7। অ্যালুমিনিয়াম 658°C-এ গলে। অ্যালুমিনিয়ামের ঘাতসহতা, প্রসার্যতা, বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(খ) শুষ্ক বাতাসে ধাতুটির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে অ্যালুমিনিয়ামের উপর একটি খুব পাতলা অক্সাইডের আবরণ পড়ে। সাধারণ অবস্থায় বাতাস ও অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত না হইলেও, অধিকতর উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম অক্সিজেন দ্বারা খুব সহজেই জারিত হয়। এমন কি, উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সিজেন-আসক্তি এত বেশী যে উহা অন্যান্য ধাতব অক্সাইডকেও বিজারিত করিয়া দেয়। যথা:



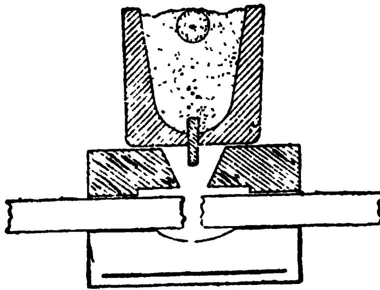
$$2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe$$



$$2Al + Cr_2O_3 = Al_2O_3 + 2Cr$$

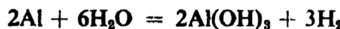
এইভাবে ধাতব অক্সাইডকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া কোন কোন ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। এই প্রণালীকে থারমাইট পদ্ধতি [Thermite process] বলে। উচ্চ তাপাঙ্কে অ্যালুমিনিয়াম একটি উৎকৃষ্ট বিজারক।

(গ) **থারমাইট পদ্ধতি।** অগ্নিসহ-মৃত্তিকার তৈয়ারী একটি খর্পরে ধাতব অক্সাইড ($Fe_2O_3$) ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ লওয়া হয়। মিশ্রণের উপর মধ্যস্থলে একটুখানি $KClO_3$, $BaO_2$ (জারক দ্রব্য) ও ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা রাখিয়া তাহাতে আগুণ ধরাইয়া দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিয়া মিশ্রণটিকে অত্যন্ত তাপিত করিয়া দেয়। ফলে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম বিস্ফোরণ সহকারে অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। যথেষ্ট উষ্ণতা থাকার জন্য উৎপন্ন ধাতু (লৌহ) গলিত অবস্থায় খর্পরের নীচে জড় হয় এবং একটি ছিদ্রপথে বাহির হইতে থাকে। কোন ভাঙা যন্ত্র বা রেল প্রভৃতি নির্দিষ্ট স্থানে রাখিয়াই উহাকে গলিত ধাতু দ্বারা এইভাবে মেরামত করা সম্ভব (চিত্র ১৬-ঘ)।



চিত্র ১৬ঘ। থারমাইট পদ্ধতি

(ঘ) অ্যালুমিনিয়াম সাধারণ অবস্থায় জলের সহিত কোন ক্রিয়া করে না। কিন্তু পারদ-সহযোগে জলে দিলে উহা একটি বৈদ্যুতিক সেলে পরিণত হয় এবং সেই অবস্থায় সহজেই জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে:



$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

(ঙ) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়, কিন্তু লঘু নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উহার কোন বিক্রিয়া ঘটে না। $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

(চ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে, উহা হইতে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়:



$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

(ছ) গাঢ় কস্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম তাপিত করিলে হাইড্রোজেন এবং অ্যালুমিনেট লবণ পাওয়া যায়।



$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

(জ) হ্যালোজেন দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম সোজাসুজি আক্রান্ত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাসে অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে উহার নাইট্রাইড পাওয়া যায়।



$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3; \quad 2Al + N_2 = 2AlN$$

**অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার:** বর্তমান যুগে নানারকম প্রয়োজনে প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। উহার কয়েকটি ব্যবহার এখানে উল্লেখ করা হইল:

(১) এরোপ্লেন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (২) বৈদ্যুতিক "ক্যাবল" (Cable) হিসাবে (৩) পুল, সিঁড়ি প্রভৃতির নির্মাণকার্যে, (৪) বাসনপত্র, চেয়ার, বাক্স ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে, (৫) রঙ হিসাবে (অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ ও তিসির তৈল), (৬) থারমাইট বোমা, অ্যামোন্যাল ($Al + NH_4NO_3$) প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে। অনেক ক্ষেত্রেই অ্যালুমিনিয়ামের বিভিন্ন সংকর এইসব কাজে ব্যবহৃত হয়।

**অ্যালুমিনিয়ামের সংকর-ধাতু:** ✓

| সংকর-ধাতু | উপাদান ও উহাদের অনুপাত | ব্যবহার |
|---|---|---|
| (১) ম্যাগনেলিয়া | Al: Mg<br>98: 2 | হাল্‌কা যন্ত্রপাতি, তুলাযন্ত্র ইত্যাদিতে |
| (২) ডুরালুমিন (duralumin) | Al:Cu:Mg:Mn<br>95: 4: 0.5 : 0.5 | উড়োজাহাজে |
| (৩) y-সংকর | Al:Cu:Mg:Ni<br>92.5: 4 : 1.5 : 2 | মরিচারোধী এবং জারণরোধী যন্ত্রাংশের জন্য |
| (৪) Al-ব্রোঞ্জ | Al:Cu<br>10:90 | মুদ্রা, বাসনপত্র ইত্যাদি |
| (৫) অ্যালনিকো (Alnico) | ইস্পাত: Al:Ni:Co<br>5 : 2 : 2 : 1 | চুম্বকের জন্য |

অ্যালুমিনিয়াম বা উহার সংকর-ধাতুর দ্রব্যের উপর অনেক সময় একটা অতি সূক্ষ্ম অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডের প্রলেপ দেওয়া হয়। দ্রব্যটিকে পরিষ্কার করিয়া একটা তড়িৎ-বিশ্লেষণ সেলের অ্যানোডে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। সেলে ক্রোমিক অ্যাসিড দ্রবণ বা বোরেট দ্রবণ লইয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে অ্যানোডে অক্সিজেন উৎসারিত হয় এবং দ্রব্যের উপর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সূক্ষ্ম প্রলেপ পড়ে। ইচ্ছামত উহাকে রঙীনও করা যায়। এই প্রলেপন-প্রক্রিয়াকে বলে **'অ্যানোডাইজিং'** (anodising)। ইহাতে লবণ বা বাতাসে অ্যালুমিনিয়াম আক্রান্ত হয় না এবং সৌন্দর্যও বাড়ে।

লোহা, তামা, ব্রোঞ্জ প্রভৃতির উপর অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইডের পাতলা প্রলেপ দেওয়া অনেক সময় প্রয়োজন হয়। এইজন্য বস্তুটিকে সূক্ষ্ম অ্যালুমিনিয়াম ও অ্যালুমিনা চূর্ণের দ্বারা আবৃত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসে রাখিয়া অনেকক্ষণ 1000°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। তখন বস্তুর উপরে একটা দৃঢ় অ্যালুমিনার আস্তরণ পড়ে। এই পদ্ধতিকে বলে ক্যালোরাইজিং (calorising)।

## অ্যালুমিনিয়ামের যৌগ

**১৬-১১। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা, $Al_2O_3$।** প্রকৃতিতে বিভিন্ন খনিজরূপে (বক্সাইট, জিবসাইট, প্রভৃতি) অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহাছাড়া, বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা স্বচ্ছ স্ফটিকাকারেও পাওয়া যায়, উহাকে বলে 'কোরাণ্ডাম' (Corundum)। চুনী, পান্না, নীলা, পোখরাজ প্রভৃতি মূল্যবান পাথরগুলি বস্তুতঃ কোরাণ্ডাম, কেবল স্বল্প

পরিমাণে উহাতে বিভিন্ন অক্সাইড দ্রবিত থাকার জন্য উহাদের বিভিন্ন রঙ। 'এমারী' (emery) নামক এক অস্বচ্ছ এবং অত্যন্ত শক্ত অ্যালুমিনাও প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

সর্বত্রই বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনা প্রস্তুত হয়, উহার পদ্ধতি পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে। ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা তৈয়ারী করিতে হইলে, অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট অথবা অ্যামোনিয়াম অ্যালামকে উত্তপ্ত করিয়া লইতে হয়।

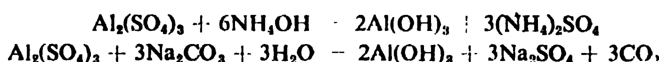


$$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3 + 21H_2O + 4H_2SO_4$$

এই সাদা রংয়ের অক্সাইডটি জলে অদ্রাব্য এবং একটি উভধর্মী অক্সাইড। ক্ষার এবং অ্যাসিড উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করিয়া লবণে পরিণত হয়। উত্তাপে ইহার বিয়োজন হয় না এবং সহজে গলে না। কার্বন বা হাইড্রোজেন দ্বারাও বিজারিত করা যায় না।

অ্যালুমিনা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু প্রস্তুতিতেই সর্বাধিক প্রয়োজন। কোরাণ্ডাম হীরকের মত শক্ত সেইজন্য ইহা এবং এমারি পালিশের ও ঘর্ষণের কাজে ব্যবহৃত হয়। আজকাল বক্সাইটকে 3000°C-এ গালাইয়া কোরাণ্ডামের চেয়েও শক্ত 'অ্যালাণ্ডাম' (alundum) তৈরী করা হইতেছে। উহা শাণ-পালিশের পাথররূপে ব্যবহার হয়। ইস্পাতের ঘর্ষণ করা, ধার দেওয়া ইত্যাদি কাজে এই পাথর প্রয়োজন। চুনী, পান্না প্রভৃতি মূল্যবান রত্ন হিসাবে আদৃত। কৃত্রিম উপায়েও ঐসকল জহরৎ আজকাল প্রচুর উৎপাদন করা হয়। বিশুদ্ধ অত্যন্ত সূক্ষ্ম-বিচূর্ণ অ্যালুমিনা এবং উপযুক্ত ধাতব অক্সাইডের মিশ্রণ অক্সি-হাইড্রোজেন শিখাতে আস্তে আস্তে ছাড়িয়া দেওয়া হয়। শিখার ভিতরে গিয়া গলিয়া উহা একটি $Al_2O_3$-দণ্ডের উপর ছোট ছোট রঙীন দানা বাঁধে। উহাই কাটিয়া পালিশ করিয়া কৃত্রিম জহরতে পরিণত করা হয়। কোন কোন বিক্রিয়াতে $Al_2O_3$ অনুঘটকরূপে কাজ করে।

**১৬-১২। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Al(OH)_3$।** অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া অথবা সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাইলে সাদা থকথকে আঠাল অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে।



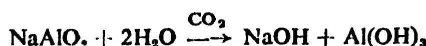
$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 3CO_2$$

এই হাইড্রক্সাইড উভধর্মী, ক্ষার এবং অম্ল উভয়ের সঙ্গেই লবণ উৎপাদন করে।



$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O; \quad Al(OH)_3 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$$

অ্যালুমিনেট লবণগুলি কেবলমাত্র ক্ষারীয় দ্রবণে স্থায়ী হয়। অ্যাসিডের সংস্পর্শে উহারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



$$NaAlO_2 + 2H_2O \xrightarrow{CO_2} NaOH + Al(OH)_3$$

অ্যালুমিনাকে কোবাল্ট নাইট্রেট সহ উত্তপ্ত করিলে যে নীল যৌগ, 'থেনার্ড নীল' (Thenard's bluc) পাওয়া যায়, উহা কোবাল্ট অ্যালুমিনেট $Co(Al_2O_4)$। 'স্পাইনেল' (spinal) ম্যাগনেসিয়াম অ্যালুমিনেট, $Mg(Al_2O_4)$।

সদ্য প্রস্তুত $Al(OH)_3$ অ্যাসিডে দ্রব হয়। কিন্তু শুষ্ক করিয়া রাখিয়া দিলে উহা আর পরে সহজে অ্যাসিডে দ্রব হইতে চায় না।

থকথকে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড নীচে থিতাইয়া যাওয়ার সময় জলে প্রলম্বিত ধূলিকণা ইত্যাদিকে সঙ্গে লইয়া যায়, এমন কি, ব্যাক্‌টিরিয়া প্রভৃতিও দূর করে। এইজন্য জল পরিষ্করণে ও বিশুদ্ধকরণে ইহা খুব ব্যবহার হয়।

200—250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড হইতে খানিকটা জল উবিয়া যায়। এই আংশিক অনাদ্র অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধিশোষণ-ক্ষমতা যথেষ্ট এবং সেইজন্য উহা নিরুদকরূপে এবং বর্ণলেখী-বিশ্লেষণে (chromatography) ব্যবহৃত হয়।

কাগজ প্রস্তুতিতে পরিপূরকরূপে এবং বস্ত্ররঞ্জনে রাগবন্ধক (mordant) রূপে যথেষ্ট অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ব্যবহার হয়।

**১৬-১৩। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3$।** একটি কাচের নলে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু তাপিত করিয়া উহার উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করিলে অনাদ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় (চিত্র ১৬-ঘ)। উদ্বায়ী $AlCl_3$-কে একটি শীতল গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়।

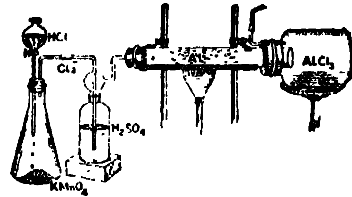


$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$



$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও অ্যালুমিনিয়াম বা অ্যালুমিনা দ্রবীভূত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। এই দ্রবণটি গাঢ় করিয়া শীতল করিলে, $AlCl_3, 6H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত হয়। সোদক স্ফটিক তাপিত করিয়া অনাদ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় না, উহা আদ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



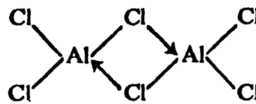

চিত্র ১৬-ঘ। $AlCl_3$ প্রস্তুতি



$$2[AlCl_3, 6H_2O] = Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড সাদা, অত্যন্ত উদ্‌গ্রাহী, স্ফটিকাকার পদার্থ।

অনাদ্র $AlCl_3$ তাপিত করিলে ঊর্ধ্বপাতিত হয়। উহার বাষ্প-ঘনত্ব হইতে দেখা যায়, গ্যাসে উহার দ্ব্যণুক (dimer) বর্তমান, $Al_2Cl_6$ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে একটি সমযোজী অণু মনে করা হয়। উহার জৈবদ্রাবকে দ্রাব্যতা, উহার অত্যধিক উদ্বায়িতা, গলিত অবস্থায়ও উহার অতি সামান্য বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা ইত্যাদিই উহার সমযোজ্যতার প্রমাণ।

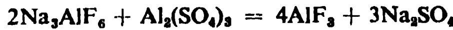



অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া, ফস্‌ফিন, এস্টার প্রভৃতি নানারকম পদার্থের সঙ্গে যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে; যেমন $R_3N.AlCl_3$।

**নানারকম জৈব-সংশ্লেষণে অনুঘটক হিসাবে (ফ্রিডেল-ক্রাফ্‌ট বিক্রিয়া) অনাদ্র $AlCl_3$**

ব্যবহার হয়। এইজন্য নানা ঔষধ, রঙ, ইত্যাদির প্রস্তুতিতে ইহা দরকার। পেট্রোলিয়ামের পরিষ্করণে এবং উহার বিদারণ-দ্বারা গ্যাসোলিন তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহার হয়।

**১৬-১৪। অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুরাইড, $AlF_3$।** অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে সোডিয়াম ফ্লুরাইড মিশাইয়া কিংবা অ্যালুমিনিয়াম সালফেট ও ক্রায়োলাইট একত্র গলাইয়া অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুরাইড প্রস্তুত হয়।



$$2Na_3AlF_6 + Al_2(SO_4)_3 = 4AlF_3 + 3Na_2SO_4$$

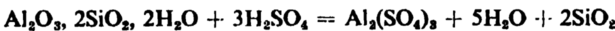
এই পদার্থটি সাদা। জল অ্যাসিড বা ক্ষারে উহার দ্রাব্যতা নাই বলিলেই চলে। তবে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে ইহা দ্রব হয় এবং ফ্লুয়ো-অ্যালুমিনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, $H_3AlF_6$। ইহার অনেক লবণ বিশেষ প্রয়োজন, যেমন, $Na_3AlF_6$, $(NH_4)_3AlF_6$ ইত্যাদি। $[AlF_6]'''$ একটি জটিল-আয়ন।

**১৬-১৫। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$।** বক্সাইটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। দ্রবণটি ছাঁকিয়া লইয়া গাঢ় করিলে উহা হইতে $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$ কেলাসিত হয়।



$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

ক্যাওলিন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত দীর্ঘকাল ফুটাইলে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়:

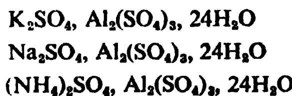


$$Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 5H_2O + 2SiO_2$$

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট জলে দ্রবণীয়। উহা নানারকম সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপাদন করিতে পারে।

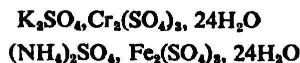
জল পরিষ্করণে এবং রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধক (mordant) রূপে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

**অ্যালাম বা ফটকিরি (Alums):** অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের সহিত একযোজী ধাতুর সালফেট-সমূহ একত্র হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন করে এবং এই সকল যুগ্ম-সালফেট লবণগুলি সর্বদা 24টি জলের অণু সহ স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়; যথা:



$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$$
$$Na_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$$

অর্থাৎ, এই সকল দ্বিধাতুক সালফেট স্ফটিকের সঙ্কেত $R_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ দেওয়া যাইতে পারে। 'R' এখানে যে কোন একযোজী ধাতুর পরমাণু বা '$NH_4$' যৌগমূলক হইতে পারে। এই সমস্ত দ্বিধাতুক লবণের সঙ্কেতই শুধু একরকম নয়, উহারা আবার সর্বদাই 24টি জলের অণু সহ কেলাসিত হয় এবং এই দ্বিধাতুক লবণসমূহ সমাকৃতি-সম্পন্ন। এমন কি, যদি $Al_2(SO_4)_3$-এর পরিবর্তে অন্য কোন ত্রিযোজী ধাতুর সালফেট একযোজী ধাতুর সালফেট সহ যুগ্ম-লবণ উৎপাদন করে, উহাও 24টি জলের অণু সহ পূর্বোক্ত লবণের সমাকৃতি-সম্পন্ন স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়। যথা:



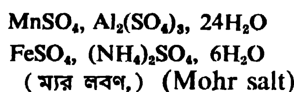
$$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$$
$$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$$

এইরূপ একযোজী এবং ত্রিযোজী দুইটি ধাতুর সালফেট মিলিয়া যখন 24টি জলের অণু সহ দ্বিধাতুক লবণ হিসাবে কেলাসিত হয়, উহাকে 'অ্যালাম বা ফটকিরি' বলা হয়। সাধারণ ফটকিরি বলিতে পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেট বুঝায়,



$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 \; 24H_2O$$

এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন, দ্বিযোজী বা অন্য কোন যোজ্যতাসম্পন্ন ধাতুর সালফেটের সহিত যদি কোন দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন হয়, তবে উহারা ফটকিরির সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন হয় না এবং উহাদের আসল ফটকিরি বলিয়া ধরা হয় না। উহাদের স্ফটিকে 24টি জলের অণু থাকিতেও পারে, নাও পারে ; যথা :



$$MnSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$$
$$FeSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O$$
(ম্যর লবণ,) (Mohr salt)

**পটাস-অ্যালাম ( সাধারণ ফটকিরি), পটাসিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সালফেট,** $K_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$। অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণে প্রয়োজনানুসারে পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত করিয়া লইয়া মিশ্রণটি গাঢ় করা হয়। শীতলাবস্থায় উহা হইতে দ্বিধাতুক সালফেট লবণ কেলাসিত হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রকৃতিজাত বক্সাইট বা অ্যালুনাইট খনিজ হইতে প্রথমে তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়।

রঞ্জনশিল্প, চামড়া প্রস্তুতি, জল পরিস্করণ ও ঔষধে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

নদী বা পুষ্করিণীর জল হইতে প্রলম্বিত বালু-মাটি প্রভৃতি সহজে থিতাইয়া লওয়ার জন্য ফটকিরি ব্যাবহার করা হয়।

রঞ্জনশিল্পে সব রঙ সূতার উপর স্থায়ী হয় না--রঙের স্থায়িত্ব প্রদান করিতে হইলে বস্ত্র বা সূতাকে প্রথমে অ্যালাম বা অন্য কোন অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে সিক্ত করিয়া লওয়া হয়। তারপর উহাতে সোডার লঘু দ্রবণ বা স্টীম দিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড সূতার অভ্যন্তরে উৎপন্ন হয়। অতঃপর বস্ত্র বা সূতা রঙের ভিতর দিলে রঙটি অ্যালু-মিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া পাকা রঙে পরিণত হয়। এই প্রণালীকে 'মর্ডান্টিং' (mordanting) বা রাগবন্ধন বলে।

১৬-১৬। **অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট।** অ্যালুমিনা ও সিলিকা নানা অনুপাতে সংযো-জিত হইয়া প্রকৃতিতে বিভিন্ন সিলিকেট আকারে থাকে ; $Al_2O_3, SiO_2$ ( সিলিমেনাইট, এণ্ডালুসাইট,), $3Al_2O_3$, $2SiO_2$ ( মিউলাইট), $Al_2O_3$, $2SiO_2$, $2H_2O$ ( কেওলিন ), ইত্যাদি।

অনেকসময় এই সকল সিলিকেটের $Si^{4+}$ আংশিকভাবে $Al^{3+}$ দ্বারা এবং ক্ষার অথবা মৃৎক্ষার ধাতুর আয়ন ($K^+$) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ঐসকল যৌগকে বলা হয় অ্যালুমিনো-সিলিকেট। এই অ্যালুমিনো-সিলিকেট প্রধানতঃ দুই জাতীয়।

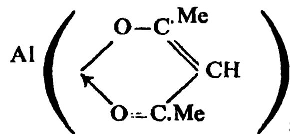
(১) ফেলস্পার (feldspars), যেমন, $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$; $CaO, Al_2O_3, 2SiO_2$,

(২) জিয়োলাইট (zeolites), যেমন, $Na_2Al_2Si_3O_{10}$ ( ন্যাট্রোলিথ)।

কৃত্রিম উপায়েও জিয়োলাইট প্রস্তুত করা হয়। যেমন, কেওলিন, কোয়ার্জ এবং সোডা একত্র বিগলিত করিয়া পারমুটিট (permutit) তৈয়ারী করা হয়। ইহা কৃত্রিম জিয়োলাইট। জলের খরতা দূরীকরণে ইহা প্রচুর ব্যবহার করা হয়।

**১৬-১৭। নীল (Ultramarine)।** প্রকৃতিতে সুন্দর গাঢ় নীল খনিজ 'লাজাবর্ত' বা ল্যাপিস-লাজুলী (Lapis-lazuli) যে পাওয়া যায় উহা সালফার সমন্বিত সোডিয়াম-অ্যালুমিনো-সিলিকেট। এখন কৃত্রিম উপায়েও ঐরূপ নীল রংয়ের অ্যালুমিনো-সিলিকেট প্রস্তুত করা হয়। কেওলিন, সোডা, সালফার ও চারকোল একত্র মিশ্রিত করিয়া বাতাসের অবর্তমানে আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে একটি সাদা পদার্থ হয়। উহাকে অতিরিক্ত সালফার সহ আবার বাতাসে গলাইলে গাঢ় নীলবর্ণের যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহাই কৃত্রিম লাজাবর্ত বা ultramarine। ক্ষারদ্রবণে ইহার কোন পরিবর্তন হয় না। সেইজন্য বস্ত্র ধৌত করার সময় এবং দেওয়ালে চুনকাম করার সময় ইহা প্রচুর ব্যবহার করা হয়। ইহার সংকেত মোটামুটি $Na_8S_2(AlSiO_4)_6$।

**১৬-১৮। অ্যালুমিনিয়ামের জটিল-আয়ন।** বোরণের মত অ্যালুমিনিয়ামেরও জটিল যৌগ উৎপাদনে প্রবণতা দেখা যায়। অ্যাসিটাইল অ্যাসিটোনের সঙ্গে উহার চিলেট-যৌগ হয় (বোরণ দ্রষ্টব্য)।




ইহা ছাড়াও, $AlCl_3 \leftarrow PH_3$, $K_3[Al(C_2O_4)_3]$ ইত্যাদিতে অ্যালুমিনিয়ামের জটিল-আয়নের প্রমাণ বর্তমান।

**১৬-১৯। অ্যালুমিনিয়াম লবণের পরীক্ষা।** (ক) শুষ্ক পরীক্ষা। অ্যালুমিনিয়াম লবণকে প্রথমে চারকোলে বেশ উত্তপ্ত করিয়া লইয়া উহাতে এক ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইয়া আবার উত্তপ্ত করিলে উহা সুন্দর নীলবর্ণ ধারণ করে। "থেনার্ড-নীল' হওয়ার জন্য ঐরূপ হয়।

(খ) সিক্ত পরীক্ষা। অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে $NH_4Cl$ এবং $NH_4OH$ মিশাইলে সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা অ্যাসিড এবং গাঢ় কস্টিক সোডাতে দ্রাব্য।

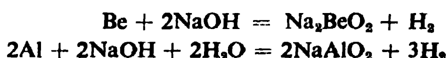
(গ) অ্যালিজারিনের কোহলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া-যুক্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড দিলে লাল অধঃক্ষেপ পড়ে।

**১৬-২০। বেরিলিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়ামের সাদৃশ্য। কর্ণ-সম্বন্ধ।** প্রথম পর্যায়ের বেরিলিয়ামের সঙ্গে কোণাকুণি অবস্থিত দ্বিতীয় পর্যায়ের অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে ধর্মের অনেকটা মিল আছে। অর্থাৎ লিথিয়াম-ম্যাগনেসিয়ামের মত এখানেও কর্ণ-সম্বন্ধের পুনরাবৃত্তি ঘটে (অনুচ্ছেদ ১৪-১৪)। এই সাদৃশ্য নিম্নোক্ত তথ্য দ্বারা সমর্থন করা যায়ঃ

(ক) যদিও অ্যালুমিনিয়াম আয়ন ($Al^{3+}$) আয়তনে বেরিলিয়াম আয়ন ($Be^{2+}$) অপেক্ষা বড় কিন্তু আধান বেশী বলিয়া উহাদের ধ্রুবণ-ক্ষমতার পরিমাণ কাছাকাছি অর্থাৎ এক ঘাতের ; $Be^{2+}$, 19.2 এবং $Al^{3+}$, 12.0। এই কারণে উহাদের যৌগগুলির ব্যবহার একরূপ হওয়ার সম্ভাবনা।

(খ) দুইটি ধাতুর প্রমাণ ইলেকট্রোড বিভব প্রায় সমান ($Be/Be^{++}$, $E_0 = -1.70V$ এবং $Al/Al^{+++}$, $E_0 = -1.67V$)।

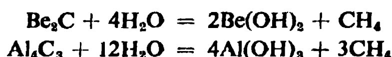
(গ) উভয় ধাতুই উভধর্মী। ক্ষারের সহিত বিক্রিয়াতে উভয়েই হাইড্রোজেন দেয়। বেরিলেট এবং অ্যালুমিনেট লবণ পাওয়া যায়।



$$Be + 2NaOH = Na_2BeO_2 + H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

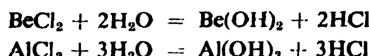
(ঘ) বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম উভয়ের হাইড্রক্সাইডই উভধর্মী।

(ঙ) উভয়ের কার্বাইডই আর্দ্র-বিশ্লেষণে মিথেন উৎপাদন করে।



$$Be_2C + 4H_2O = 2Be(OH)_2 + CH_4$$
$$Al_4C_3 + 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$$

(চ) উহাদের উভয়ের ক্লোরাইড সমযোজী যৌগ এবং জৈবদ্রাবকে দ্রবণীয়। উভয়েতেই লিউইস্ (Levis) অ্যাসিডের ধর্ম দেখা যায় :



$$BeCl_2 + 2H_2O = Be(OH)_2 + 2HCl$$
$$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$$

(ছ) উভয় ধাতুই গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে রাখিলে নিষ্ক্রিয় (passive) হইয়া পড়ে।

## অনুশীলনী

১। বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদন করার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই ধাতু কোন কোন শিল্পে প্রয়োজন হয় লেখ। কিভাবে নিম্নলিখিত যৌগ প্রস্তুত করা হয়, (ক) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড (খ) পটাস-অ্যালাম ?

২। বক্সাইটের বিভিন্ন ব্যবহারের উল্লেখ কর। ইহা হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা এবং অ্যালুমিনিয়াম ধাতু কিভাবে পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়াম ও উহার বিভিন্ন সংকরধাতুর ব্যবহার উল্লেখ কর।

৩। বোরাক্স এবং বোরিক অ্যাসিড কোন সূত্র হইতে পাওয়া যায় ? বোরাক্স হইতে কিভাবে (ক) বোরিক অ্যাসিড (খ) বোরণ ক্লোরাইড (গ) বোরণ হাইড্রাইড এবং (ঘ) বোরণ মৌলটি তৈয়ারী করা যায় ?

৪। বোরণের প্রাকৃতিক উৎস কি ? কিভাবে বোরণ উৎপাদন করা হয় ? বিভিন্ন বোরিক অ্যাসিডের উল্লেখ কর এবং উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্দেশ কর। বোরেটের সনাক্তকরণে কি পরীক্ষা করা হয় ? বোরাক্সগুটি পরীক্ষাতে কি রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ?

৫। অ্যালাম কাহাকে বলে? তোমার পরিচিত যতগুলি সম্ভব অ্যালামের সঙ্কেত লিখ। অ্যালামের সাধারণ গুণাগুণ কি এবং উহারা কি কি প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়?

দুইটি অ্যালামের মিশ্রদ্রবণ হইতে উহাদের বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা যায় কি? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও। [গৌহাটি বিশ্বঃ]

৬। বোরাক্স কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? বোরাক্সগুটি পরীক্ষার রাসায়নিক পরিবর্তনের বিবরণ দাও।

বোরণের সঙ্গে কার্বনের ধর্মের তুলনা কর। [কলিকাতা বিশ্বঃ]

৭। সঙ্কেত সহ অ্যালুমিনিয়ামের প্রাকৃতিক খনিজগুলি উল্লেখ কর। উহাদের হইতে অ্যালুমিনা এবং ধাতব অ্যালুমিনিয়াম কিভাবে পাওয়া যায়? অ্যালুমিনিয়াম এবং উহার সংকরধাতুর কি কি ব্যবহার আছে? অ্যালাম কি? ইহাদের সঙ্কেত এবং ব্যবহার লিখ।

ধাতব অ্যালুমিনিয়াম কপার সালফেট দ্রবণে রাখিলে কিংবা নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে কিরূপ পরিবর্তন ঘটে? [গৌহাটি বিশ্বঃ]

৮। বোরণ এবং অ্যালুমিনিয়ামের যৌগগুলির ধর্মের তুলনা করিয়া একটি সংক্ষিপ্ত প্রবন্ধ লিখ। অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড এবং বোরাক্সের ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর। [সগর বিশ্বঃ]

৯। অ্যালুমিনিয়ামের খনিজগুলির নাম ও সংকেত উল্লেখ কর। আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়াম কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহারও উল্লেখ কর।

(খ) অ্যালুমিনিয়াম ও উহার প্রধান সংকরধাতু কি কি এবং উহারা কি প্রয়োজনে লাগে?

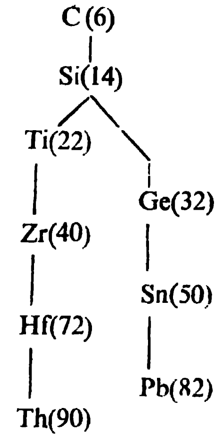
(গ) কৃত্রিম ক্রায়োলাইট কিভাবে প্রস্তুত হয়? অক্সাইড আকরিক হইতে অ্যালুমিনা, অনার্দ্র $AlCl_3$ এবং অ্যালাম কিরূপে পাওয়া যায়?

# চতুর্থ শ্রেণীর মৌল

## কার্বন, সিলিকন, টিন, লেড

পর্যায়-সারণীর চতুর্থ শ্রেণীতে মোট নয়টি মৌল স্থান পাইয়াছে। যথানিয়মে উহারা দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত।

A-উপশ্রেণীতে আছে টাইটেনিয়াম, জারকোনিয়াম হ্যাফনিয়াম এবং থোরিয়াম। আর B-উপশ্রেণীতে রহিয়াছে কার্বন, সিলিকন, জারমেনিয়াম, টিন ও লেড।




A-উপশ্রেণীর Ti, Zr এবং Hf সন্ধিগত মৌল এবং সেইরূপ ব্যবহারই উহাদের মধ্যে দেখা যায়। আর থোরিয়ামের প্রধান বৈচিত্র্য উহার তেজষ্ক্রিয়তা। সন্ধিগত মৌল সম্বন্ধে বিস্তৃত আলোচনা পরে করা হইবে। এই অধ্যায়ে আমরা শুধু B-উপশ্রেণীর মৌলগুলির পর্যালোচনাই করিব।

B-উপশ্রেণীর পাঁচটি মৌলই বস্তুতঃ এই শ্রেণীর স্বাভাবিক মৌল। এই পাঁচটির মধ্যে জারমেনিয়াম প্রকৃতিতে পাওয়া যায় খুবই কম এবং উহার ব্যবহারও খুব সীমিত। এই জন্য কার্বন, সিলিকন, টিন ও লেডই প্রধান আলোচ্য।

A- এবং B-উপশ্রেণীর মৌলদের মধ্যে সাদৃশ্য খুবই কম, বরঞ্চ পার্থক্যটাই বিশেষ চোখে পড়ে। অবশ্য প্রত্যেক উপশ্রেণীতেই নিজেদের মধ্যে ধর্মগত সাদৃশ্য রহিয়াছে। দুইটি উপশ্রেণীর মধ্যে প্রধান সাদৃশ্য হইল যে সব মৌলেরই একটি প্রধান যোজ্যতা চার। কোন মৌলেরই পরাবিদ্যুতধর্মিতা বা অপরাবিদ্যুতধর্মিতা প্রখর নয়।

কিন্তু দুই উপশ্রেণীর মধ্যে অনেক বৈসাদৃশ্য রহিয়াছে:

(ক) A-উপশ্রেণীর মৌলগুলির ইলেকট্রন-বিন্যাসে সর্ববহিস্থ অনুস্তরে সর্বদা $d^2s^2$ ইলেকট্রন দেখা যায়, কিন্তু B-উপশ্রেণীতে সর্বত্র $--s^2p^2$ ইলেকট্রন শেষ স্তরে আছে। এই কারণেই A-উপশ্রেণীর মৌলের যোজ্যতা দুই, তিন এবং চার হইয়া থাকে, আর B-উপশ্রেণীর মৌলের ক্ষেত্রে যোজ্যতা প্রধানতঃ চার, কখনও দুই। (খ) A-উপশ্রেণীর ধাতুগুলির গলনাঙ্ক খুব উচ্চ, কিন্তু B-উপশ্রেণীর ধাতুগুলির গলনাঙ্ক অনেক কম। (গ) A-উপশ্রেণীর টেট্রাক্লোরাইডগুলি সচরাচর কঠিনাকার ($TiCl_4$ ব্যতিক্রম) কিন্তু B-উপশ্রেণীর ঐরূপ টেট্রাক্লোরাইড সাধারণত ধমায়িত তরল পদার্থ। (ঘ) A-উপশ্রেণীর হাইড্রাইডগুলি কঠিনাকার, কিন্তু B-উপশ্রেণীর হাইড্রাইডগুলি গ্যাসীয়।

## ১৭-১। B-উপশ্রেণীর মৌলসমূহের তুলনা। [প্রধানতঃ C, Si, Sn, Pb]

(১) এই উপশ্রেণীর কার্বন, সিলিকন, জারমেনিয়াম, টিন ও লেড এই পাঁচটি মৌলের ব্যবহার এবং ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য যথেষ্ট। পর্যায় সারণীতে এই শ্রেণীতে ঠিক মাঝখানে স্থান পাইয়াছে। ইহার বাঁদিকের শ্রেণীগুলিতে রহিয়াছে অধিকতর পরাবিদ্যুৎধর্মী মৌলগুলি (Na, Mg, Al), আর ইহার ডানদিকের শ্রেণীগুলিতে আছে অধিকতর অপরাবিদ্যুৎধর্মী মৌলগুলি, যেমন, N, P, O, S, F, Cl, ইত্যাদি। সেই কারণে, এই শ্রেণীর মৌলগুলির মধ্যে কোন তীব্র পরা- বা অপরা- বিদ্যুৎধর্মিতা দেখা যায় না। যথেষ্ট পরা- বা অপরা-ধর্মিতার জন্য ইলেকট্রন দেওয়া বা নেওয়া প্রয়োজন। এই মৌলগুলির প্রত্যেকেরই বাহিরের স্তরে চারিটি ইলেকট্রন আছে, সুতরাং আরও চারিটি গ্রহণ করা বা পরিত্যাগ করা সুকঠিন। অনেক সময় উভধর্মী-রূপে মৌলগুলি ব্যবহার করে।

(২) বস্তুতঃ এই মৌলকয়টির ইলেকট্রন-বিন্যাস একই রকমের ; শেষের স্তরে দুইটি s-ইলেকট্রন এবং দুইটি p-ইলেকট্রন আছে।

| C | Si | Ge | Sn | Pb |
|---|---|---|---|---|
| 2.4 | 2.8.4. | 2.8.18.4 | 2.8.18.18.4 | 2.8.18.32.18.4 |
| $[He]2s^2 2p^2$ | $[Ne]3s^2 3p^2$ | $[Ar]3d^{10}4s^2 4p^2$ | $[Kr]4d^{10}5s^2 5p^2$ | $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2 6p^2$ |

এই জন্য এই মৌলগুলির যোজ্যতা চার। কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি ইলেকট্রন নিষ্ক্রিয় থাকে, তখন উহারা দ্বিযোজী যৌগ গঠন করে ; যেমন, $PbCl_2$।

(৩) কার্বন এবং সিলিকন প্রথম ও দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌল সুতরাং উহারা এই শ্রেণীর আদর্শ মৌল। উহাদের বিশেষতঃ কার্বনের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে। অনেক ক্ষেত্রে কার্বন পূর্ববর্তী শ্রেণীর বোরণের ন্যায় ব্যবহার করে। খুব ছোট পারমাণবিক আয়তন এবং উচ্চ অপরা-বিদ্যুৎধর্মিতা (electronegativity) কার্বনের বিশেষত্বের জন্য দায়ী। কার্বনের মত এত যৌগ কাহারও নাই, সমস্ত জৈব-জগৎ কার্বন যৌগের উপর নির্ভর করে। কার্বন নিজের পরমাণুর ভিতর যোজক সৃষ্টি করিয়া সুদীর্ঘ কার্বন-শৃঙ্খলযুক্ত যৌগ গঠন করে ; যেমন, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2 \ldots$, আবার দ্বিবন্ধ-যুক্ত বা ত্রিবন্ধ-যুক্ত যোজকও গঠন করে, $C=C$, $C=O$, $C\equiv C$, $C\equiv N$, $C=S$, ইত্যাদি। সিলিকনের এইরূপ শৃঙ্খল করার কিছু ক্ষমতা আছে। অন্য কোন মৌলের এইরূপ ক্ষমতা নাই।

(৪) এই মৌলগুলির আরও কয়েকটি ভৌত ধর্মের পরিচয় একটি তালিকায় দেওয়া হইল :

| ধর্ম | কার্বন | সিলিকন | জারমেনিয়াম | টিন | লেড |
|---|---|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 6 | 14 | 32 | 50 | 82 |
| ঘনত্ব, গ্রাম/সি.সি. | 3.52* | 2.49 | 5.35 | 7.31 | 11.34 |
| পাঃ আয়তন | 3.4* | 11.4 | 13.6 | 16.3 | 18.27 |
| গলনাঙ্ক, °C | 3500 | 1420 | 958 | 231.8 | 327.3 |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | (4200) | 2600 | 2700 | 2260 | 1620 |

* ডায়মণ্ডের

ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে মৌলগুলির ধাতবগুণ বাড়িতে থাকে। কার্বন অবশ্যই একটি অধাতু। যতই গুরুত্ব বৃদ্ধি পায় ততই ধাতব বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায়। টিন এবং লেড অবশ্যই ধাতু হিসাবে গণ্য, যদিও কোন কোন ক্ষেত্রে অধাতব প্রকৃতি পরিলক্ষিত হয়। অন্যান্য ধর্মগুলিও ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে ক্রমান্বয়ে বাড়ে বা কমে।

(৫) বহুরূপতা এই মৌলগুলির একটা বিশেষত্ব। প্রত্যেকটি মৌলেরই একাধিক রূপভেদ আছে।

(৬) সবগুলি মৌলই সমযোজী হাইড্রাইড, $XH_4$ সৃষ্টি করে ($PbH_4$-এর অস্তিত্ব সন্দেহজনক)। এই হাইড্রাইডগুলি গ্যাসীয় এবং ইহাদের স্থায়িত্ব ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে কমিতে থাকে। কার্বন এবং সিলিকনের অন্যান্য হাইড্রাইড আছে; যেমন, $C_2H_4$, $C_2H_6$, $Si_2H_6$, . . .

(৭) মৌলগুলি সকলেই সমযোজী টেট্রাক্লোরাইড $XCl_4$ সৃষ্টি করে। এই টেট্রাক্লোরাইডগুলি উদ্বায়ী এবং অধিকাংশক্ষেত্রে আদ্র´-বিশ্লেষিত হইয়া যায়:



$$SiCl_4 + 3H_2O = H_2SiO_3 + 4HCl$$

$CCl_4$ অবশ্য আদ্র´-বিশ্লেষিত হয় না, কিন্তু $PbCl_4$ এবং $SnCl_4$-এর আদ্র´-বিশ্লেষণ রোধ করার জন্য দ্রবণে অতিরিক্ত গাঢ় HCl মিশাইয়া রাখিতে হয়।

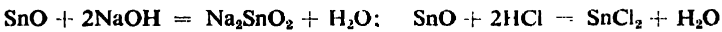
টিন এবং লেডের দ্বিযোজী ক্লোরাইডও আছে, $SnCl_2$, $PbCl_2$। ইহারা স্থায়ী যৌগ। কার্বন, সিলিকন এবং জারমেনিয়াম আবার ক্লোরাফর্মের অনুরূপ $XHCl_3$-যৌগ গঠন করে। টিন ও লেডের উহা নাই।

(৮) প্রত্যেকটি মৌলেরই প্রধান অক্সাইড, $XO_2$। অর্থাৎ, অক্সাইডে উহাদের যোজ্যতা সচরাচর চার থাকে। অবশ্য, SnO, PbO এবং CO—অর্থাৎ নিম্নতর অক্সাইডও জানা আছে। $XO_2$-জাতীয় অক্সাইড ক্ষীণ অম্লজাতীয় এবং জলে দ্রব হইলে অ্যাসিড তৈয়ারী করে।



$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3; \quad SiO_2 + H_2O = H_2SiO_3 \text{ ইত্যাদি।}$$

কার্বন মনোক্সাইড প্রশম অক্সাইড। কিন্তু SnO এবং PbO প্রধানতঃ ধাতব অক্সাইডরূপে ক্ষারীয় তবুও উভধর্মীরূপে ব্যবহার করে।



$$SnO + 2NaOH = Na_2SnO_2 + H_2O; \quad SnO + 2HCl = SnCl_2 + H_2O$$

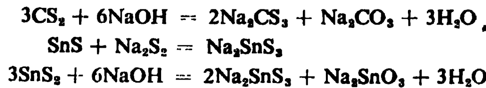
$CO_2$ গ্যাসীয়, কিন্তু অন্যান্য মৌলের $XO_2$-অক্সাইডগুলি কঠিন এবং উচ্চ-গলনাঙ্ক-বিশিষ্ট।

(৯) ক্ষারধাতুর সোদক স্ট্যানেট এবং প্লাটিনেট $K_2[Pt(OH)_6]$-এর সঙ্গে সমাকৃতিক। সুতরাং উহাদের সংকেত $K_2SnO_3$, $3H_2O$ ইত্যাদিকে $K_2[Sn(OH)_6]$ বলিয়া ধরা হয়। অতএব উহাদের সবর্গ-যোজ্যতা ছয় এবং উহারা জটিল যৌগ গঠনক্ষম। $K_2[SiF_6]$, $K_2[PbBr_6]$ ইত্যাদি উহার দৃষ্টান্ত।

(১০) জৈবমূলকের সঙ্গে যুক্ত হইয়া মৌলগুলি নানা রকম জৈবযৌগ উৎপাদন করে, যথা, $Pb(C_2H_5)_4$, $(CH_3)_2SiCl_2$, ইত্যাদি।

(১১) মৌলগুলির সালফাইডসমূহ রাসায়নিক বিচারে অক্সাইডের অনুরূপ। যদিও

তত অম্লাত্মক নয়। $CS_2$ তরল কিন্তু SnS (বাদামী), $SnS_2$ (হলুদ), PbS—এইগুলি কঠিনাকার এবং স্থায়ী। এই সকল সালফাইড $Na_2S_2$ অথবা NaOH-এ দ্রবিত হইয়া থায়ো-লবণে পরিণত হয়।



$$3CS_2 + 6NaOH = 2Na_2CS_3 + Na_2CO_3 + 3H_2O,$$
$$SnS + Na_2S_2 = Na_2SnS_3$$
$$3SnS_2 + 6NaOH = 2Na_2SnS_3 + Na_2SnO_3 + 3H_2O$$

এই সকল ধর্মের বিচারে এই কয়টি মৌলের এক শ্রেণীতে অন্তর্ভুক্তি অবশ্যই সমীচীন।

## কাবন (অঙ্গার)

চিহ্ন, C ক্রমাঙ্ক, 6 পাঃ গুরুত্ব, 12.00 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $[He]2s^2 2p^2$

প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ মৌলাবস্থায় কার্বন থাকে গ্র্যাফাইট এবং ডায়মণ্ডরূপে। কয়লার অধিকাংশই কার্বন মৌল, কিন্তু উহার সঙ্গে অন্যান্য কার্বন-যৌগ মিশ্রিত থাকে।

কার্বনের অসংখ্য যৌগ প্রকৃতিতে বিদ্যমান। খনিজ পেট্রোলিয়াম কার্বনঘটিত পদার্থের মিশ্রণ; কার্বনেট জাতীয় খনিজ, যথা, ডলোমাইট $[CaCO_3, MgCO_3]$ ইত্যাদি কার্বনের যৌগ। সমস্ত উদ্ভিদ ও প্রাণীজগত কার্বন-যৌগের দ্বারা প্রধানতঃ গঠিত। বাতাসে স্বল্প হইলেও অত্যন্ত প্রয়োজনীয় কার্বন-ডাই-অক্সাইড রহিয়াছে।

১৭-২। **কার্বনের বহুরূপতা।** কার্বন বহুরূপী মৌল। উহার বিভিন্ন রূপভেদের দুইটি স্ফটিকাকার, অপরগুলি অনিয়তাকার। ডায়মণ্ড এবং গ্র্যাফাইট স্ফটিকাকার। অনিয়তাকার কার্বন মোটামুটি পাঁচ রকমের: (ক) প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal) (খ) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (wood charcoal), (গ) ভুসাকয়লা (Lamp black) (ঘ) গ্যাস-কার্বন ও (ঘ) কোক। শেষের দুইটি কয়লা হইতেই পাওয়া যায়।

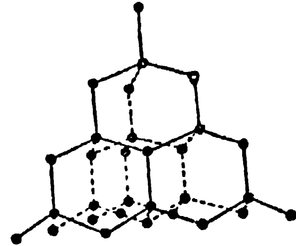
বাহ্যতঃ এই বিভিন্ন রকমের কার্বনের ভিতর পার্থক্য দেখা যায়; হীরক এবং ভুসা-কয়লার ভিতর কোনই সাদৃশ্য নাই। কিন্তু সমপরিমাণ ওজনে বিভিন্ন প্রকারের কার্বন লইয়া জারিত করিলে কেবলমাত্র $CO_2$ পাওয়া যায় এবং উহার পরিমাণও একই দেখা যায়। এই বিভিন্ন পদার্থগুলি যে একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন প্রকারভেদ, ইহাই তাহার প্রমাণ। রঞ্জন-রশ্মির পরীক্ষায় বর্তমানে প্রমাণ হইয়াছে যে অনিয়তাকার কার্বনগুলিতেও খুব ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গ্র্যাফাইট স্ফটিক এলোমেলোভাবে জড় হইয়া আছে। সুনিয়ন্ত্রিত সমাবেশ না হওয়াতে স্ফটিকাকার নয়।

১৭-৩। **ডায়মণ্ড (হীরক)।** দক্ষিণ আফ্রিকা, ভারতবর্ষ (গোলকুণ্ডা), ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানে হীরক পাওয়া যায়। দক্ষিণ আফ্রিকার হীরক মাটির নীচে পাথরের সহিত মিশ্রিত থাকে। খনি হইতে পাথরগুলি তুলিয়া আনিয়া প্রথমে ফেলিয়া রাখা হয়। জলবায়ুতে এইসব পাথর খানিকটা ভাঙিয়া যায়। পরে উহাকে চূর্ণ করিয়া জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া চর্বিমাখান টেবিলের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ভারী ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের টুকরাগুলি নীচে থিতাইয়া গিয়া চর্বিতে আটকাইয়া থাকে, এইভাবে মাটি হইতে হীরক

উদ্ধার করা হয়। ভারতবর্ষে কোন কোন নদী-তীরস্থ বালুকার সঙ্গে ছোট ছোট হীরক থাকে এবং অনুরূপ উপায়েই উহা সংগৃহীত হয়। হীরকের ওজন ক্যারাট হিসাবে মাপা হয়; এক ক্যারাট=0.200 গ্রাম। বিশুদ্ধ হীরক অবশ্য অতিশয় স্বচ্ছ এবং বর্ণহীন, কিন্তু প্রায়ই হীরকের সহিত অন্যান্য পদার্থ স্বল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে বলিয়া স্বচ্ছ হইলেও উহারা নানাবর্ণের হইয়া থাকে। বর্ণহীনতা ও স্বচ্ছতার দ্বারাই হীরকের মূল্য নির্ধারিত হয়। হীরকের টুকরাগুলি কাটিয়া বহুতল করিলে কোণ বৃদ্ধির সঙ্গে উহার উজ্জ্বলতাও অত্যন্ত বৃদ্ধি পায়। এইভাবে সাধারণ হীরক বহুমূল্য রত্নে পরিণত হয়।

কৃত্রিম উপায়েও ছোট ছোট হীরকের স্ফটিক প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। বিদ্যুৎ-চুল্লীতে লৌহচূর এবং চিনিজাত অঙ্গারের মিশ্রণকে প্রায় 3000°C উষ্ণতায় বিগলিত করিয়া হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে, কিছু অঙ্গার অত্যধিক চাপে হীরককণায় পরিণত হইয়া যায়। HCl-দ্বারা লোহা দ্রবীভূত করিয়া লইলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরকের স্ফটিক পাওয়া যায়।

হীরকের স্ফটিক ঘনাকার। প্রত্যেকটি কার্বন-পরমাণু উহার চারিটি সমযোজ্যতার সাহায্যে অপর পরমাণুগুলির সঙ্গে যুক্ত থাকে। এই যোজকগুলি টেট্রাহেড্রাল আকারে 109° কোণ করিয়া প্রসারিত (চিত্র ২৭-ক)। দুইটি কার্বন-পরমাণুর মধ্যের ব্যবধান, 1.54A°। হীরকের কেলাসকে একটি দানব বা বিরাটাকার (Giant or macro-molecule) অণু মনে করা যাইতে পারে। হীরকের অসাধারণ কাঠিন্য এই বিশেষ গঠনের জন্যই হইয়াছে।



চিত্র ১৭-ক। হীরক

কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে ডায়মণ্ড সর্বাপেক্ষা ভারী, ঘনত্ব, 3.5। ইহার প্রতিসরাঙ্কও খুব বেশী। হীরক তাপ বা বিদ্যুৎ পরিবহন করিতে পারে না। হীরক অত্যন্ত শক্ত এবং হীরকের অপেক্ষা অধিকতর শক্ত বস্তু আর নাই। রঞ্জনরশ্মি হীরকের ভিতর দিয়া যাইতে পারে, কিন্তু কৃত্রিম কাচ প্রভৃতির ভিতর দিয়া যাইতে পারে না। ইহার সাহায্যেই হীরক ও অন্যান্য স্বচ্ছ কাচের পার্থক্য ধরা পড়ে। রাসায়নিক বিকারক দ্বারা হীরক বিশেষ আক্রান্ত হয় না। অক্সিজেনে অধিক উষ্ণতায় (700°C) অবশ্য ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। গলিত সোডিয়াম কার্বনেটদ্বারা ইহা আক্রান্ত হয়:



$$Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$$

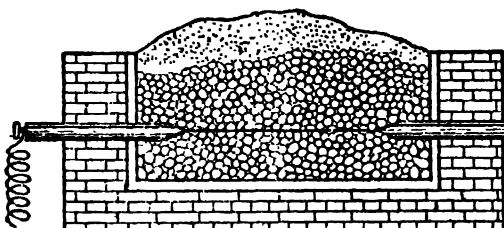
700°C-এ ইহা ফ্লুরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন টেট্রাফ্লোরাইড উৎপন্ন করে।

**হীরকের ব্যবহার।** শক্ত বলিয়া হীরক কাচ এবং অন্যান্য অনেক জিনিস কাটার জন্য ব্যবহৃত হয়। হীরকচূর্ণ পালিসের কাজে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু অধিকাংশ ভাল হীরকই রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কাল হীরকের নাম 'কার্বনেডো'—উহাই পাথর কাটা এবং শক্ত জিনিস মসৃণ করার কাজে অধিক ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৪। গ্র্যাফাইট।** গ্র্যাফাইট নামটি গ্রীক 'গ্র্যাফো' (grapho) শব্দ হইতে উদ্ভূত [grapho অর্থাৎ I write—'যে লেখে']। উহা কাগজে দাগ দিতে পারে বলিয়া এই নামকরণ। বস্তুতঃ, সাধারণ 'সীস পেন্‌সিল' বা কাঠের পেন্‌সিলে সীসা নাই, উহার ভিতরে গ্র্যাফাইট কার্বন আছে।

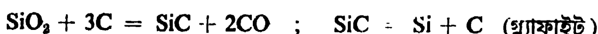
সিংহল, সাইবেরিয়া, যুক্তরাজ্য ও ইতালীতে গ্র্যাফাইট পাওয়া যায়। কালো ষট্‌কোণী স্ফটিকাকারে ইহা থাকে। বিভিন্ন ব্যবহারিক প্রয়োজনে ইহার চাহিদা এত বেশী যে আজকাল কৃত্রিম উপায়ে গ্র্যাফাইট তৈয়ারী করা হয়।

**'অ্যাকেসন্ পদ্ধতি'।** অগ্নিসহ ইষ্টক-নির্মিত একটি প্রকাণ্ড চুল্লীতে বিচূর্ণ কোক এবং সিলিকার (বালু) মিশ্রণ অত্যধিক উষ্ণতায় তাপিত করা হয়। বিপরীত দিক হইতে চুল্লীর ভিতর গ্র্যাফাইটেরই দুইটি তড়িৎ-দ্বার প্রবেশ করান থাকে এবং তড়িৎ-বহনের

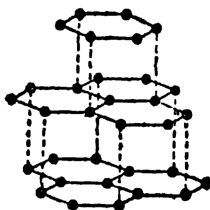


চিত্র ১৭-খ। অ্যাকেসন্ পদ্ধতিতে গ্র্যাফাইট-প্রস্তুতি

জন্য এই তড়িৎ-দ্বার দুইটির ভিতর কয়েকটি দীর্ঘ গ্র্যাফাইট-দণ্ড দেওয়া হয়। উহাদের ভিতর দিয়া পরিবর্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। এইরূপে সমগ্র মিশ্রণটিকে প্রায় 4000°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমে সিলিকন কার্বাইড উৎপন্ন হয়, পরে অতিরিক্ত উষ্ণতায় উহা বিযোজিত হইয়া গ্র্যাফাইট কার্বনে পরিণত হয় (চিত্র ১৭-খ)।



$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO \quad ; \quad SiC = Si + C \text{ (গ্র্যাফাইট)}$$



চিত্র ১৭-গ
গ্র্যাফাইট কেলাস

গ্র্যাফাইট গাঢ় ধূসরবর্ণের স্ফটিকাকার পদার্থ। উহার কিন্তু ধাতুর মত একটি দ্যুতি আছে। গ্র্যাফাইট বেশ নরম এবং স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত বলিয়া মনে হয়। ইহার ঘনত্ব 2.2। গ্র্যাফাইট অধাতব হইলেও উহা বিদ্যুৎ ও তাপ বহন করিতে সক্ষম।

গ্র্যাফাইটের কেলাস কতকগুলি সমতলীয় কার্বন পরমাণুস্তর দ্বারা গঠিত (layers of co-planar C-atoms)। বেনজিন বলয়ের পরমাণু-সজ্জার ন্যায় উহারা এক 'হেক্সাগোনাল সিস্টেমে' থাকে। সমযোজ্যতায় বিধৃত এই কার্বন পরমাণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব, 1.42A°। দুই সমান্তরাল স্তর বা পাতের মধ্যে দূরত্ব 3.41A° (চিত্র ১৭-গ)। এই রকম বিন্যাসকে স্তর-জালক বা layer lattice বলা হয়।

অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে অবশ্য গ্র্যাফাইট পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। কিন্তু সাধারণ রাসায়নিক বিকারক ইহাকে আক্রমণ করিতে পারে না। 500°C-এ ফ্লুরিনের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা কার্বন টেট্রাফ্লুরাইড উৎপন্ন করিয়া থাকে।

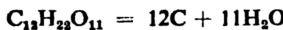
$KClO_3$ এবং গাঢ় নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডসহ গ্র্যাফাইট উত্তপ্ত করিলে উহা গ্র্যাফাইটিক অ্যাসিডে ও পরে মেলিটিক অ্যাসিডে $C_6(COOH)_6$, পরিণত হয়।

**গ্র্যাফাইটের ব্যবহার।** (১) অনেক যন্ত্রে তেল অথবা জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গ্র্যাফাইটচূর্ণ পিচ্ছিলকারক (lubricant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (২) গ্র্যাফাইটের সাহায্যে এখন বড় বড় খর্পর তৈয়ারী করা হয়। উহারা অত্যধিক উষ্ণতা সহ্য করিতে পারে। (৩) সীস-পেন্সিল তৈয়ারী করার জন্য গ্র্যাফাইট প্রয়োজন হয়। (৪) বিদ্যুৎ-চুল্লীতে এবং অনেক বিদ্যুৎ-বিশ্লেষণে গ্র্যাফাইট-দণ্ড তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (৫) পারমাণবিক-শক্তি উৎপাদনের চুল্লীতে গ্র্যাফাইট প্রয়োজন হয়।

## অনিয়তাকার কার্বন

১৭-৫। **উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার** ( চারকোল )। কাঠের অন্তর্ধূমপাতন করিলে উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার পাওয়া যায়। আবদ্ধ লোহার প্রকোষ্ঠে কাঠের টুকরা বোঝাই করিয়া বাতাসের অবর্তমানে উহাকে প্রায় ত্রিশ ঘন্টা উত্তপ্ত করা হয়। কাঠের জৈব পদার্থ বিভাজিত হইয়া যায়। উদ্বায়ী পদার্থগুলি একটি নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসে। প্রকোষ্ঠের ভিতরে কালো অঙ্গার পড়িয়া থাকে। ইহাই কাঠ-কয়লা বা চারকোল। উদ্বায়ী পদার্থগুলিকে সযত্নে সংগ্রহ করা হয়, কারণ উহা মূল্যবান। মিথাইল কোহল, অ্যামোনিয়া, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি উহা হইতে পাওয়া যায়।

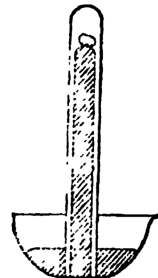
নারিকেলের মালাও অনুরূপভাবে বাতাসের অনুপস্থিতিতে অন্তর্ধূমপাতন করিলে অনিয়তাকার অঙ্গারে পরিণত হয়। স্বল্প পরিমাণে বিশুদ্ধ উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার প্রয়োজন হইলে চিনির অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা তৈয়ারী করা হয়। অতিরিক্ত উষ্ণতায় চিনি বিযোজিত হইয়া যায়।



$$C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$$

উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার কালো অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। কিন্তু পদার্থটি সরন্ধ্র, ফলে ইহার অভ্যন্তরে যথেষ্ট পরিমাণ বায়ু থাকে। সেই জন্য জল অপেক্ষা ভারী হওয়া সত্ত্বেও ইহা জলে ভাসে। ইহার ঘনত্ব 1.4—1.9। ইহার বিদ্যুৎ- বা তাপ-বহন ক্ষমতা মোটেই নাই। ইহার অধিশোষণ ক্ষমতা (adsorption) যথেষ্ট।

0°C-এ এবং প্রমাণচাপে এক গ্রাম নারিকেলের অঙ্গার 172 সি.সি. অ্যামোনিয়া অধিশোষণ করিয়া রাখে। একটি সহজ পরীক্ষাদ্বারাই কাঠ-কয়লার বহির্ধৃতি বা অধিশোষণ বুঝা যাইতে পারে।



চিত্র ১৭-ঘ
কাঠকয়লার বহির্ধৃতি

**পরীক্ষা।** পারদের উপরে একটি টেস্টটিউবে খানিকটা অ্যামোনিয়া লও। এক টুকরা কাঠ-কয়লা বেশ উত্তমরূপে গরম করিয়া পারদের ভিতর দিয়া গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দাও ( চিত্র ১৭-ঘ )। কয়েক মিনিটের মধ্যেই দেখা যাইবে গ্যাসটি

অন্তর্হিত হইয়া সম্পূর্ণ নলটি পারদে প্রায় পূর্ণ হইয়া গিয়াছে। কার্বনের বহির্ধৃতির ফলেই ইহা সম্ভব।

নারিকেলের অঙ্গার যদি অল্প একটু বাতাসে বা স্টীমে 800°—900°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয় তবে উহার বহির্ধৃতি-ক্ষমতা অনেক বৃদ্ধি পায়। উহাকে 'সক্রিয় অঙ্গার' (active charcoal) বলে। 'গ্যাস মাস্কে' (gas-mask) ইহা ব্যবহৃত হয়।

সক্রিয় অঙ্গার অনেক বিক্রিয়াকে সাধারণ উষ্ণতাতেই ত্বরান্বিত করে, অর্থাৎ অনুঘটকের কাজ করে; যেমন, $SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$, $H_2 + Cl_2 = 2HCl$, $CO + Cl_2 = COCl_2$। চিনির সিরাপ পরিস্করণেও উহা ব্যবহৃত হয়। কামানের বারুদের ইহা একটি উপাদান। জ্বালানি হিসাবেও কাঠকয়লা ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৬। প্রাণিজ অঙ্গার।** জীবজন্তুর হাড়ের ছোট ছোট টুকরা প্রথমে জলে ফুটাইয়া লওয়া হয়। ইহাতে চর্বি দূর হয়। তৎপর এই হাড়গুলি বাতাসের অবর্তমানে অন্তর্ধূম-পাতন করা হয়। উদ্বায়ী পদার্থগুলি গ্যাস হইয়া বাহির হইয়া যায়। এই গ্যাস ঘনীভূত করিয়া 'বোন-অয়েল' (Bone oil) ও অন্যান্য দ্রব্য পাওয়া যায়। হাড়গুলি ঘন কালো একটি অনিয়তাকার চূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাই প্রাণিজ-অঙ্গার। ইহার আর একটি নাম বোন-ব্ল্যাক (Bone black)। ইহাতে অবশ্য যথেষ্ট পরিমাণ ক্যালসিয়াম ফসফেট মিশ্রিত থাকে। এই উপায়ে রক্তের অন্তর্ধূমপাতন করিলেও ঐরূপ কালো অঙ্গারচূর্ণ পাওয়া যায়। প্রাণিজ-অঙ্গারের বহির্ধৃতি-ক্ষমতা খুব বেশী।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে প্রাণিজ-অঙ্গারের ফসফেট দ্রবীভূত করিয়া পৃথক করিলে খুব কালো কার্বন পড়িয়া থাকে—উহাকে আইভরি ব্ল্যাক (ivory black) বলা হইয়া থাকে।

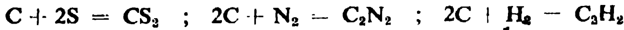
**১৭-৭। ভুসা কয়লা।** তার্পিন তেল, কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম, বেনজিন প্রভৃতি জৈব-জাতীয় যৌগ (যাহাতে কার্বনের পরিমাণ সমধিক) অনতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলে এক প্রকার কালো ধূম নির্গত হয়। ঠাণ্ডা কোন দেওয়ালে বা পাত্রের গায়ে উহা জমিয়া ঝুল বা ভুসার সৃষ্টি করে। ইহাই ভুসা কয়লা। ইহা অনিয়তাকার। ছাপার কালি, জুতার কালি প্রভৃতিতে ইহা প্রয়োজন হয়। সাইকেলের রঙ ও কালো পালিশে ইহা দেওয়া হয়।

**১৭-৮। কোক-কয়লা ও গ্যাস-কার্বন।** প্রকৃতিতে যে কয়লা পাওয়া যায় উহাতে কার্বনের সহিত যথেষ্ট পরিমাণ অন্যান্য জৈব-জাতীয় যৌগ মিশ্রিত থাকে। লোহার বকযন্ত্রে অথবা অগ্নিসহ ইটের আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। ইহার ফলে জৈব-জাতীয় যৌগসমূহ বিযোজিত হইয়া যায় এবং সমস্ত উদ্বায়ী পদার্থগুলি বাহির হইয়া যায়। বকযন্ত্রে যে কালো অনুদ্বায়ী কার্বন পড়িয়া থাকে তাহাকেই কোক-কয়লা বলা হয়। অত্যধিক উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতন করিলে হার্ড কোক (hard coke) পাওয়া যায়। ইহা ধাতু-নিস্কাশনে প্রয়োজন হয়। অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতনের

ফলে যে কোক পাওয়া যায় উহা সফ্‌ট কোক (soft coke)। এই কোক সাধারণ রান্নার কাজে ব্যবহৃত হয়।

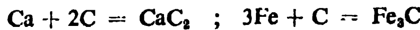
কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের সময়ে বকযন্ত্রের উপরের দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে খানিকটা কার্বন উর্ধ্বপাতিত হইয়া জমিয়া থাকে। এই শক্ত, কালো, কঠিন অঙ্গার 'গ্যাস-কার্বন' নামে পরিচিত। ইহার ঘনত্ব 2.55। ইহা তাপ- ও বিদ্যুৎ-পরিবাহী। তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎদ্বার রূপে ইহার বহুল প্রয়োগ আছে। অনেক ব্যাটারীতে ক্যাথোড রূপে এবং আর্ক-দীপের তড়িৎদ্বার হিসাবে 'গ্যাস-কার্বন' ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৯। অঙ্গারের রাসায়নিক ধর্ম।** কার্বনের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত কম। অধিকতর উষ্ণতায় কার্বন অক্সিজেন বা বাতাসে পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। সালফার, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত উহা অধিক উষ্ণতায় সংযুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে।



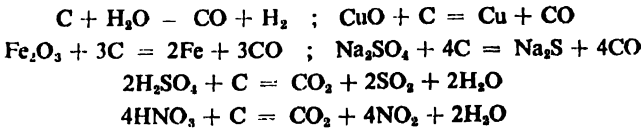
$$C + 2S = CS_2 \;;\; 2C + N_2 = C_2N_2 \;;\; 2C + H_2 = C_2H_2$$

উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রণ প্রভৃতির সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ধাতব কার্বাইড উৎপাদন করে:



$$Ca + 2C = CaC_2 \;;\; 3Fe + C = Fe_3C$$

লোহিত-তপ্ত অঙ্গার স্টীম বিযোজিত করে এবং অধিক উষ্ণতায় ইহা একটি উৎকৃষ্ট বিজারকের কাজ করে। ধাতু নিষ্কাশনে এই জন্য কার্বনের বিশেষ প্রয়োজন।



$$C + H_2O = CO + H_2 \;;\; CuO + C = Cu + CO$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO \;;\; Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$
$$2H_2SO_4 + C = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$
$$4HNO_3 + C = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

## কার্বনের কয়েকটি প্রধান যৌগ

কার্বনের অসংখ্য যৌগ, উহাদের প্রায় সবই জৈব যৌগের অন্তর্গত বলিয়া জৈবরসায়নে আলোচিত হয়। কেবল অক্সাইড, কার্বনেট, কার্বাইড, সালফাইড প্রভৃতি কয়েকটি যৌগের বিষয় এখানে পর্যালোচনা করা হইতেছে।

## কার্বনের অক্সাইডদ্বয়

কার্বনের দুইটি অক্সাইড আছে: কার্বন ডাই-অক্সাইড, $CO_2$ এবং কার্বন-মনোক্সাইড, $CO$।

**১৭-১০। কার্বন ডাই-অক্সাইড $CO_2$।** পরিমাণে সামান্য হইলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড বাতাসের একটি অতি মূল্যবান ও প্রয়োজনীয় উপাদান। বাতাসে ইহার পরিমাণ মাত্র শতকরা 0.03 ভাগ। জীবজন্তুর নিঃশ্বাস হইতে এবং কাঠ, খড় প্রভৃতি জৈবজাতীয় পদার্থের জারণের ফলে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চারিত হয় এবং এই কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সাহায্যেই উদ্ভিদ্‌-জগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি বজায় থাকে। কোন কোন প্রস্রবণের

জলের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইতে দেখা যায়। জাভা ও ইতালীর আগ্নেয়-গিরির নিকটস্থ কোন কোন অংশে ভূগর্ভ হইতেও অনেক সময় যথেষ্ট কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

**প্রস্তুতি। ল্যাবরেটরী-পদ্ধতি।** (১) ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই চূণাপাথরের উপর লঘু হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াদ্বারা কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী বলিয়া গ্যাসটিকে বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

অন্যান্য সব কার্বনেটই এইভাবে অ্যাসিডে আক্রান্ত হইয়া $CO_2$-গ্যাস দিয়া থাকে:



$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$



$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$

(২) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়ার ইহাই প্রশস্ত উপায়।



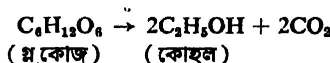
$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

(৩) ক্ষার-ধাতুর কার্বনেট এবং বেরিয়াম কার্বনেট ব্যতীত সমস্ত কার্বনেটই উত্তাপে বিযোজিত হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। চুনাপাথরই এই জন্য বেশী ব্যবহৃত হয়: $CaCO_3 = CaO + CO_2$। শিল্প-প্রয়োজনে প্রচুর $CO_2$ দরকার হইলে এই উপায় অবলম্বন করা হয়।

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$ নানা অবস্থায় পাওয়া যায়; যথা, মার্বেল পাথর, চুনাপাথর (লাইমস্টোন) বা খড়িমাটি (চক) ইত্যাদি। ইহাই প্রধানতঃ $CO_2$ উৎপাদনের প্রধান উপাদান এবং $CO_2$-শিল্প ইহার উপর নির্ভর করে।

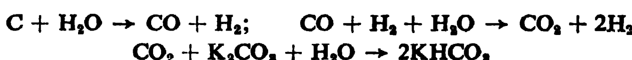
ইহা ছাড়াও প্রচুর পরিমাণে $CO_2$-গ্যাস উৎপাদনের আরও দুইটি পদ্ধতি আছে।

(ক) উৎসেচকের সাহায্যে চিনির কোহলজাতীয় সন্ধানের দ্বারা (alcoholic fermentation) ইথাইল অ্যালকোহল তৈয়ারী হয়। উহাতে প্রচুর $CO_2$-গ্যাস উপজাত হয়:



$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$
(গ্লুকোজ) (কোহল)

(খ) শ্বেততপ্ত কোকের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প পরিচালিত করিলে যে গ্যাস মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে বলে 'ওয়াটার গ্যাস'। উহাতে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন থাকে। তাহাকে অতিরিক্ত স্টীমের সঙ্গে মিশাইয়া উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করাইলে, $CO_2$-গ্যাস পাওয়া যায়। উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণকে পটাসিয়াম-কার্বনেট দ্রবণে পরিচালনা করা হয়, $CO_2$ শোষিত হয়, অন্য গ্যাসগুলির ($CO, H_2 \ldots$) শোষণ হয় না। উৎপন্ন $KHCO_3$-দ্রবণকে ফুটাইলে $CO_2$-গ্যাস বাহির হইয়া আসে।



$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2; \quad CO + H_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$$
$$CO_2 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2KHCO_3$$



$$2KHCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} K_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

**কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম:** (১) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। বাতাসের চেয়ে অনেক ভারী। ইহার একটি মৃদু-ঘ্রাণ এবং একটু অম্ল-স্বাদ আছে। চাপ বৃদ্ধি

করিয়া সহজেই এই গ্যাসটিকে তরল করা যায়। স্টীলের সিলিণ্ডারে অতিরিক্ত চাপে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড রাখা হয় এবং হিমায়ক রূপে ব্যবহৃত হয়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সহসা বাষ্পীভূত করিতে গেলেই উহার খানিকটা জমিয়া কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড সাধারণ চাপে ও উষ্ণতায় রাখিলে উর্ধপাতিত হইয়া সোজাসুজি গ্যাসে পরিণত হয়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড আজকাল হিমায়ক-রূপে প্রচুর ব্যবহার হইতেছে। ইহাকে **'শুকনো বরফ'** (dry ice) বলা হয়।

(২) কার্বন-ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপর কোন বস্তুর দহনেও সহায়ক নয়। কিন্তু জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম এই গ্যাসে যথারীতি জ্বলিতে থাকে। উহার কারণ প্রজ্বলন-কালে উষ্ণতা এত বেশী হয় যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। উহাতেই ধাতুগুলি জ্বলিতে থাকে।



$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C \quad ; \quad 4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

কালো কার্বন উপজাত হয়, কার্বন ডাই-অক্সাইড যে কার্বনের যৌগ ইহা তাহার প্রমাণ।

(৩) কার্বন-ডাই-অক্সাইড সাধারণ অবস্থায় জলে প্রায় সমায়তন পরিমাণ দ্রব হয়, কিন্তু চাপ বৃদ্ধি করিয়া উহার দ্রাব্যতা যথেষ্ট বাড়ান যায়। সোডা-ওয়াটার, লেমনেড প্রভৃতিতে অতিরিক্ত চাপে $CO_2$-গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। বোতলের মুখ খুলিয়া দিলে, চাপ কমিয়া যায় এবং দ্রবিত $CO_2$-গ্যাস ভুরভুর করিয়া বাহির হয়।

কার্বন-ডাই-অক্সাইডের কোন বিষক্রিয়া নাই, কিন্তু উহাতে জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেন অভাবে শ্বাসকার্য বন্ধ হইয়া মারা যায়।

(৪) কার্বন-ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লজাতীয়; বস্তুতঃ জলের সঙ্গে মিলিত হইয়া উহা কার্বনিক অ্যাসিডের দ্রবণে পরিণত হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায় কার্বনিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না, কেবল জলীয় দ্রবণেই উহা থাকে।



$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \quad ; \quad H_2CO_3 = 2H^+ + CO_3^{--}$$

(৫) অম্লজাতীয় বলিয়া এই গ্যাস বিভিন্ন ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং কার্বনেট বা বাইকার্বনেট লবণ উৎপাদন করে।



$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3 \quad ; \quad 2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

চুনের জল $Ca(OH)_2$ উহা শোষণ করিয়া $CaCO_3$ উৎপাদন করে। $CaCO_3$ অদ্রাব্য, সুতরাং চুনের জল ঘোলাটে হইয়া পড়ে। ইহাই $CO_2$-এর পরীক্ষার এক প্রধান উপায়।

কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ $CO_2$ যদি চুনের জলে পরিচালিত করা হয়, তাহা হইলে বাইকার্বনেট লবণ হওয়ার জন্য উহা আবার স্বচ্ছ হইয়া পড়ে;



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$



$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \quad \text{( স্বচ্ছ দ্রবণ )}$$

যদি এই স্বচ্ছদ্রবণটি ফুটান হয় তাহা হইলে $CaCO_3$ পুনঃ অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

(৬) লোহিততপ্ত কার্বন, আয়রণ চূর্ণ বা উত্তপ্ত জিঙ্কের উপর দিয়া $CO_2$ প্রবাহিত করিলে উহা CO-গ্যাসে পরিণত হয়:



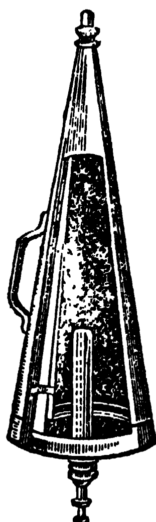
$$CO_2 + C = 2CO \quad ; \quad CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

(৭) উদ্ভিদকোষ বায়ু হইতে $CO_2$ গ্রহণ করে। সূর্যালোকে ক্লোরোফিল অনুঘটকের সান্নিধ্যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া জলের সঙ্গে মিলিয়া শর্করা জাতীয় পদার্থে পরিণত হয়। প্রকৃতিতে এইরূপ কার্বোহাইড্রেট গঠন-ক্রিয়াকে **'আলোক-সংশ্লেষণ'** (photosynthesis) বলা হয়।



$$6xCO_2 + 5xH_2O = [C_6H_{10}O_5]_x + 6xO_2$$

**কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার।** উদ্ভিদজগতের বৃদ্ধি এবং অস্তিত্ব একান্তভাবেই কার্বন-ডাই-অক্সাইডের উপর নির্ভর করে। মাছ, মাংস, শব্জী প্রভৃতি দীর্ঘদিন সংরক্ষণে ও পচন নিবারণে হিমায়করূপে আজকাল প্রচুর 'শুকনো বরফ'-এর ব্যবহার হইতেছে। বাতান্বিত জল-প্রস্তুতিতে, অগ্নি-নির্বাপনের কাজেও এই গ্যাস প্রয়োজন। সোডা-প্রস্তুতিতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড লাগে।



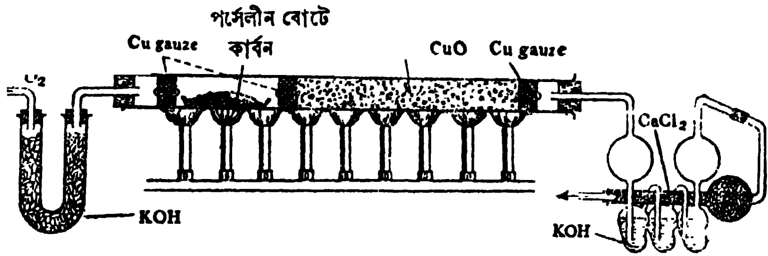
চিত্র ১৭-ঙ
অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রগুলির মধ্যে একটি কাচের বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে এবং বাকী স্থানটি সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণে পূর্ণ থাকে (চিত্র ১৭-ঙ)। প্রয়োজন-কালে বাহির হইতে একটি স্প্রিংয়ের সাহায্যে ভিতরের কাচের বোতলটি ভাঙিয়া ফেলা হয়। অ্যাসিড সোডার সংস্পর্শে আসিয়া তৎক্ষণাৎ প্রচুর $CO_2$ উৎপাদন করে। জল ও গ্যাসের মিশ্রণ বেগের সহিত যন্ত্রের মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে। আগুনের উপর উহা নিক্ষিপ্ত করা হয় এবং এইভাবে অগ্নিনির্বাপণ করা হয়। তেল বা পেট্রোলের আগুন নিভাইতে যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাহাতে ফটকিরি ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট থাকে এবং তাহা হইতে ফেনাযুক্ত কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়:



$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2$$

**কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সংযুতি ও সংকেত।** নির্দিষ্ট পরিমাণ (ধর 0.2 গ্রাম) বিশুদ্ধ কার্বন একটি পর্সেলীন বোটে লইয়া উহাকে একটি পুরু এবং শক্ত কাচের নলে রাখা হয় (চিত্র ১৭-চ)। এই কাচের নলের অপর অংশে CuO থাকে। নলটির দুই মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়; গ্যাস চলাচলের জন্য এই দুই কর্কের ভিতর দুইটি সরু নল যুক্ত থাকে। যেদিকে কার্বন বোটটি থাকে, সেইদিক হইতে নলের ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাস পরিচালিত করা হয়। ভিতরের বাতাস অক্সিজেন দ্বারা অপসারিত হইলে, একটি কস্টিক-পটাসপূর্ণ বাল্‌ব ওজন করিয়া নলের অপরপ্রান্তে জুড়িয়া দেওয়া হয়। এখন নলটিকে একটি চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন প্রবাহ চলিতে থাকে। ধীরে ধীরে সমস্তটুকু কার্বন পুড়িয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং গ্যাস-প্রবাহে চালিত হইয়া পটাস বাল্‌বে প্রবেশ করে এবং শোষিত হয়। যদি কোন কার্বন-মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় উহাও উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া যাওয়ার সময় ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। ঠাণ্ডা হইলে পটাস বাল্‌বটি খুলিয়া ওজন করা হয় এবং উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ওজন জানা যায়। মনে কর,




চিত্র ১৭-চ। কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সংযুতি

কার্বনের ওজন = w গ্রাম, এবং উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ওজন = $w_1$ গ্রাম তাহা হইলে, ঐ গ্যাসে কার্বন ও অক্সিজেনের অনুপাত, $C : O = w : (w_1 - w)$ বস্তুতঃ, দেখা গিয়াছে, ওজনের এই অনুপাতটি, কার্বনঃ অক্সিজেন = 1 : 2.67

অতএব, পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে, $C : O = \frac{1}{12} : \frac{2.67}{16} = 0.083 : 0.166$

$= 1 : 2$

∴ কার্বন-ডাই-অক্সাইডের স্থূল সংকেত, $CO_2$।

মনে কর, উহার আণবিক সংকেত, $(CO_2)_x$; অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব $= x \times 12 + 2x \times 16$

কিন্তু গ্যাসটির ঘনত্ব, 22, অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব, 44.

$\therefore\ 12x + 32x = 44$ ; অথবা $x = 1$

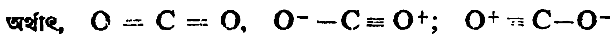
∴ কার্বন-ডাই-অক্সাইডের যথার্থ আণবিক সংকেত, $CO_2$।

**কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা ও পরিমাণ নির্ণয়।** চুণের জলের সংস্পর্শে গ্যাসটিকে আনিলে যদি উহা ঘোলাটে হয় বা সাদা অধঃক্ষেপ দেয় তাহা হইলেই কার্বন-ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব বোঝা যাইবে।

গ্যাসে কি পরিমাণ কার্বন-ডাই-অক্সাইড আছে জানিতে হইলে উহাকে একটি প্রমাণ ব্যারাইটা দ্রবণের [$Ba(OH)_2$] ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। $BaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া অতিরিক্ত অপরিণত ব্যারাইটাকে প্রমাণ অ্যাসিডসহ টাইট্রেট্ করা হয় (ফিনলথ্যালিন নির্দেশক)। অতএব কতটা কার্বন-ডাই-অক্সাইড ছিল হিসাব করিয়া বাহির করা যায়।

কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ডাইপোল মোমেন্ট ($\mu = 0$), সুতরাং ইহার অণুতে পরমাণুগুলিকে সরল ঋজুরেখায় থাকিতে হইবে। তাহা হইলেও উহার বন্ধনী-ইলেকট্রনগুলির তিন রকম বিন্যাস সম্ভব; যথা,





এইরূপ সংস্পন্দন (resonance) এই অণুতে আছে। অণুর প্রকৃত সংরচনা (structure) এই তিনরূপ সংস্পন্দিত প্রকারের গড় হইবে।

**১৭-১১। কার্বন মনোক্সাইড, CO।** প্রকৃতিতে কার্বন মনোক্সাইড প্রায় নাই বলিলেই চলে, কেবলমাত্র আগ্নেয়গিরির গ্যাসে উহা সামান্য দেখা যায়।

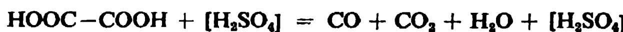
**প্রস্তুতি:** (১) ল্যাবরেটরীতে সচরাচর ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা নিরুদিত করিয়া কার্বন মনোক্সাইড তৈয়ারী করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদকরূপে কাজ করে। উহার কোন পরিবর্তন ঘটে না।

একটি কূপীতে উষ্ণ (100°C) গাঢ় $H_2SO_4$ লইয়া উহাতে একটি বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফরমিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা ফেলা হয়। একটি নির্গম-নল দিয়া কার্বন মনোক্সাইড বাহির হইয়া আসে। কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া পাঠাইয়া উহার সঙ্গে যদি কোন $CO_2$ থাকে তাহা দূর করা হয়।



$$HCOOH + [H_2SO_4] = CO + H_2O + [H_2SO_4]$$

কিন্তু বিচূর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড এবং গাঢ় $H_2SO_4$ মিশ্রিত করিয়া একটি কূপীতে উত্তপ্ত করিলে, কার্বন মনোক্সাইড এবং ডাই-অক্সাইড উভয়ই সমপরিমাণে উৎপন্ন হয়। কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া এই গ্যাস পরিচালিত করিলে উহা কার্বন-ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয় এবং কার্বন মনোক্সাইড জলের উপরে সংগৃহীত করা হয়।



$$HOOC-COOH + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + H_2O + [H_2SO_4]$$

(২) বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড পাইতে হইলে নিকেল-কার্বনিল বিয়োজিত করা অথবা পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা বিভাজিত করা হয়:

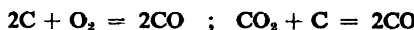


$$Ni(CO)_4 = Ni + 4CO$$



$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 + 6CO$$

(৩) ইহাছাড়া, অনতিরিক্ত বাতাসে কয়লা পোড়াইয়া, অথবা লোহিততপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইড পরিচালিত করিয়াও কার্বন মনোক্সাইড তৈয়ারী হয়:



$$2C + O_2 = 2CO \quad ; \quad CO_2 + C = 2CO$$

কয়লা পোড়ানোর সময় যে একটি ঈষৎ-নীল শিখা দেখা যায়, উহা CO-প্রজ্বলন-জনিত।

**কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম।** (১) কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন মৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। কার্বন মনোক্সাইডের জলে দ্রবণীয়তা খুবই কম। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিংবা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়। বাস্তবিক পক্ষে কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণটি কার্বন মনোক্সাইডের সহিত একটি যুত-যৌগিক সৃষ্টি করিয়া থাকে:



$$Cu_2Cl_2 + 2CO + 4H_2O = 2[CuCl, CO, 2H_2O]$$

কার্বন মনোক্সাইড একটি বিষ। বাতাসের লক্ষভাগে একভাগ কার্বন মনোক্সাইড থাকিলেই উহার বিষক্রিয়া আরম্ভ হয়। যে বাতাসে শতকরা 0.6 ভাগ কার্বন মনো-ক্সাইড আছে, তাহা কিছুক্ষণ প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলেই মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনা। কার্বন মনোক্সাইড রক্তের সহিত মিশিয়া উহার হেমোগ্লোবিন নামীয় পদার্থটিকে কার্বোক্সি-হেমোগ্লোবিনে পরিণত করে। ইহার ফলে রক্তের অক্সিজেন-বহন ক্ষমতা নষ্ট হইয়া

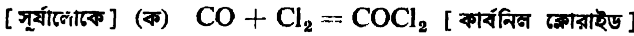
যায় এবং অক্সিজেন অভাবে শ্বাসগ্রহণকারীর মৃত্যু ঘটে। অপ্রচুর বাতাসে কয়লা পোড়ানোর ফলে বা কেরোসিনের ল্যাম্প বহুক্ষণ জ্বালানোর ফলে আবদ্ধ ঘরে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাতে মৃত্যুর সংখ্যা খুব বিরল নহে।

(২) কার্বন মনোক্সাইড দাহ্য বস্তু কিন্তু দহন-সহায়ক নয়। বাতাসে উহা একটি ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। এই বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী। কোলগ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি জ্বালানীতে যে কার্বন মনোক্সাইড থাকে তাহা এই ভাবেই তাপ উৎপাদন করে:

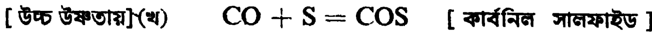


$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 136000 \text{ cals.}$$

(৩) কার্বন পরমাণু চতুর্যোজী, কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন দ্বিযোজী পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করে। সুতরাং এই যৌগটি অপরিপৃক্ত অবস্থায় আছে। এই কারণে উহা অন্যান্য পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া সহজেই যুত-যৌগিকের সৃষ্টি করে। যথা:

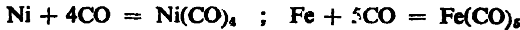


[সূর্যালোকে] (ক) $CO + Cl_2 = COCl_2$ [কার্বনিল ক্লোরাইড]



[উচ্চ উষ্ণতায়] (খ) $CO + S = COS$ [কার্বনিল সালফাইড]

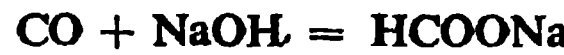
কার্বন মনোক্সাইড একটি উল্লেখযোগ্য লিগাণ্ড। ইহা বহু সন্ধিগত মৌলের সহিত সবর্গ যোজ্যতার মাধ্যমে যৌগ গঠন করিতে পারে—ইহারাই হইল ধাতব কার্বনিল যৌগগোষ্ঠী। যেমন:



$$Ni + 4CO = Ni(CO)_4 \quad ; \quad Fe + 5CO = Fe(CO)_5$$

একই ধাতুর বিভিন্ন সংকেতযুক্ত কার্বনিল যৌগ থাকিতে পারে। উহাদের সম্বন্ধে ১৭-২৮ অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে।

(৪) প্রায় 200°C উষ্ণতায় অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড কঠিন কস্টিক সোডার সহিত যুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ফরমেট পাওয়া যায়:

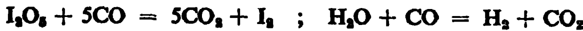


$$CO + NaOH = HCOONa$$

কার্বন মনোক্সাইড সহজে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইতে পারে বলিয়া, উহা অতিরিক্ত উষ্ণতায় উৎকৃষ্ট বিজারকের কাজ করে। বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু-নিষ্কাশনে অথবা স্টীম হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে (বস প্রণালীতে) কার্বন মনোক্সাইডের এইরূপ বিজারণ-ক্রিয়া দেখা যায়:



$$PbO + CO = Pb + CO_2 \quad ; \quad CuO + CO = Cu + CO_2$$



$$I_2O_5 + 5CO = 5CO_2 + I_2 \quad ; \quad H_2O + CO = H_2 + CO_2$$

কিন্তু বিভিন্ন প্রভাবকের সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেনদ্বারা বিজারিত হয়। যথা:



$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$ [প্রভাবক—Ni, 380°C]



$CO + 2H_2 = CH_3OH$ [প্রভাবক—$Cr_2O_3 + ZnO$, 30°C]

**কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরস্পর রূপান্তর।** কার্বন-ডাই-অক্সাইডকে উত্তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহা মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CO_2 + C = 2CO$$

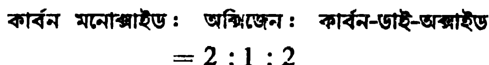
আবার, অক্সিজেনে প্রজ্জ্বলনের ফলে অথবা উত্তপ্ত কোন কোন ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়:



$$2CO + O_2 = 2CO_2 \;\; ; \;\; CO + PbO = Pb + CO_2$$

**কার্বন মনোক্সাইডের পরীক্ষা।** বাতাসে কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখা সহকারে জ্বলিয়া থাকে এবং উহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডে দ্রবণীয়। এই দুইটি গুণের সাহায্যে এই গ্যাসটিকে সাধারণতঃ চেনা যায়। কিন্তু অন্য গ্যাসের সহিত সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত থাকিলে উহাকে নিম্নরূপে পরীক্ষা করা হয়। অল্প একটু রক্ত জলের সহিত মিশাইয়া লঘু করিয়া লইয়া গ্যাসটি পরিচালিত করা হয় এবং রক্তের বর্ণালী চিত্র গ্রহণ করা হয়। বিশুদ্ধ রক্তের এবং কার্বন মনোক্সাইডযুক্ত রক্তের পটি-বর্ণালী (Band spectrum) ভিন্ন রকমের সুতরাং পটি-বর্ণালীটি পরীক্ষা করিলেই কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব জানা যাইতে পারে।

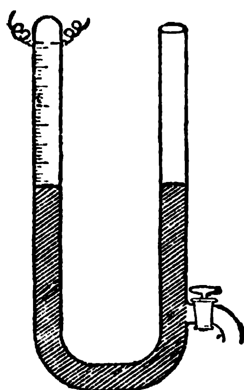
**কার্বন মনোক্সাইডের সংযুতি এবং সংকেত।** একটি গ্যাসমান যন্ত্রে পারদের উপরে নির্দিষ্ট আয়তনের কার্বন মনোক্সাইড লইয়া উহাতে অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশান হয় (চিত্র ১৭-ছ)। এই মিশ্রণে বিদ্যুৎস্ফুরণ করাইয়া কার্বন মনোক্সাইডকে ডাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। কষ্টিক পটাসে শোধন করাইয়া কত আয়তন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে জানা যায়। সন্তর্পনে এই পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় এই বিক্রিয়াতে আয়তন অনুপাতে,



কার্বন মনোক্সাইড : অক্সিজেন : কার্বন-ডাই-অক্সাইড

$$= 2 : 1 : 2$$

অর্থাৎ, কার্বন মনোক্সাইড সমায়তন কার্বন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইতে অর্ধায়তন পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। কিন্তু কার্বন-ডাই-অক্সাইডে উহার নিজের সমায়তন পরিমাণ অক্সিজেন থাকে। অতএব কার্বন মনোক্সাইডে উহার নিজের আয়তনের অর্ধপরিমাণ অক্সিজেন আছে। ইহাই কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন-সংযুতি।



চিত্র ১৭-ছ। কার্বন-মনোক্সাইডের আয়তন-সংযুতি

আমরা বলিতে পারি, 1 ঘন সেন্টিমিটার কার্বন মনোক্সাইডে $\frac{1}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন আছে। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পানুযায়ী,

$\therefore$ কার্বন মনোক্সাইডের 1টি অণুতে 1টি অক্সিজেন পরমাণু আছে। সুতরাং কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্কেত ধরা যাইতে পারে, $C_xO$ অর্থাৎ ইহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $12x + 16$। কিন্তু কার্বন মনোক্সাইডের ঘনত্ব $= 14$ অথবা আণবিক গুরুত্ব $= 28 \;\; \therefore \; 12x + 16 = 28$; অর্থাৎ $x = 1$

$\therefore$ কার্বন মনোক্সাডের সঙ্কেত, CO।

এই অণুটির গঠন বিন্যাস হইবে, $:\overset{-}{C}:\overset{\times\times}{\underset{\times\times}{}}\overset{+}{O}:\overset{\times}{\underset{\times}{}}$ বা $C \equiv O$

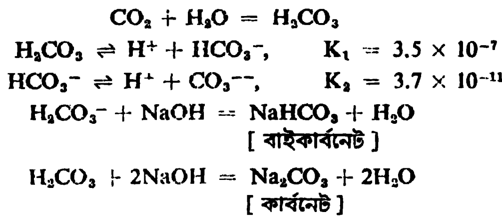
**১৭-১২।** কার্বনের আরও একটি নিম্ন অক্সাইড, $C_3O_2$ (কার্বন সাব অক্সাইড) জানা রহিয়াছে। ম্যালোনিক অ্যাসিডকে $(HO_2C.\ CH_2.\ CO_2H)$ $P_2O_5$-এর উপস্থিতিতে

নিরুদিত করিলে এই অক্সাইডটি উৎপন্ন হয়। ইহার গঠনবিন্যাস সম্ভবতঃ নিম্নলিখিত প্রকারে সংস্পন্দনযুক্ত :

$$O=C=C=C=O \rightleftharpoons O^{+}\equiv C-C\equiv C-O^{-} \rightleftharpoons O^{-}-C\equiv C-C\equiv O^{+}$$

সাধারণ তাপমাত্রায় উহা গ্যাসীয় পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক $6°C$)। অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া পোড়াইলে ইহা বিস্ফোরণসহ কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

**১৩-১৩। কার্বনেট।** কার্বন-ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবিত হইলে কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই অ্যাসিডের অস্তিত্ব জলীয় দ্রবণেই সম্ভব, বিশুদ্ধ অবস্থায় উহা পাওয়া যায় না। কার্বনিক অ্যাসিড মৃদু দ্বিক্ষারী-অম্ল। সুতরাং উহার দুই রকম লবণ পাওয়া যায়, কার্বনেট এবং বাইকার্বনেট লবণ।



$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-, \quad K_1 = 3.5 \times 10^{-7}$$
$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{--}, \quad K_2 = 3.7 \times 10^{-11}$$
$$H_2CO_3^- + NaOH = NaHCO_3 + H_2O$$
[ বাইকার্বনেট ]
$$H_2CO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + 2H_2O$$
[ কার্বনেট ]

ক্ষারধাতুর কার্বনেট এবং অ্যামোনিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবণীয়; অন্যান্য সব কার্বনেট অদ্রাব্য। ক্ষারধাতুর বাই-কার্বনেট বিশুদ্ধ অবস্থায় কঠিনাকারে পাওয়া যায়, মৃৎক্ষার বাই-কার্বনেট শুধু দ্রবণেই থাকে। সমস্ত বাই-কার্বনেটই তাপে বিয়োজিত হইয়া কার্বনেটে পরিণত হয় এবং $CO_2$ দেয়।

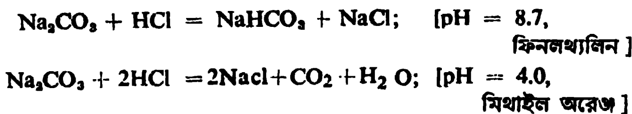
অত্যন্ত মৃদু অম্ল হইতে উৎপন্ন বলিয়া ক্ষারধাতুর কার্বনেট (যথা, $Na_2CO_3$) জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে।



$$CO_3^{--} + H_2O = HCO_3^- + OH^-$$

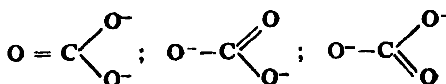
এই কারণে উহাদের দ্রবণ ক্ষারীয় হয়। এমনকি এই ক্ষারীয় দ্রবণকে প্রমাণ কোন অ্যাসিডদ্রবণদ্বারা টাইট্রেশন করা সম্ভব। সেই জন্য $Na_2CO_3$ দ্রবণকে প্রমাণ ক্ষার-দ্রবণ হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

যদি $Na_2CO_3$ দ্রবণকে ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিয়া কোন তীব্র অ্যাসিড দ্বারা টাইট্রেশন করা হয় তবে উহা প্রশমনক্ষণে বাইকার্বনেটে পরিণত হয়। মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক লইয়া ট্রাইটেশন করিলে, উহা কার্বনেটে পরিণত হয়।



$$Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl; \quad [pH = 8.7,$$
ফিনলথ্যালিন ]
$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O; \quad [pH = 4.0,$$
মিথাইল অরেঞ্জ ]

কার্বনেট আয়নের, $CO_3^{--}$, যোজ্যতার বিন্যাসে সংস্পন্দন আছে। তিন রকম সংরচনা সম্ভব, যথা,



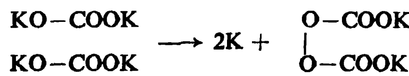
কোন কোন ধাতুর আবার ক্ষারীয় কার্বনেট জানা রহিয়াছে। এই জাতীয় কার্বনেট-সমূহ সর্বদাই ঐ ধাতুটির হাইড্রক্সাইড লবণের সহিত সংযুক্ত থাকে। যেমন, হোয়াইট লেড—$2PbCO_3, Pb(OH)_2$; অ্যাজুরাইট—$2CuCO_3, Cu(OH)_2$ প্রভৃতি।

**১৭-১৪। পারকার্বনেট।** সাধারণ কার্বনেটে যে পরিমাণ অক্সিজেন আছে তদপেক্ষা অধিকতর পরিমাণে অক্সিজেন সমন্বিত ঐরূপ আরও লবণ আছে, উহাদের বলা হয় পারকার্বনেট লবণ। উহাদের পারমনো এবং পার-ডাই কার্বনিক অ্যাসিড উদ্ভূত লবণ মনে করা হয়, যদিও অ্যাসিড দুইটি প্রস্তুত করা সম্ভব হয় নাই।




HOOC–O–O–COOH (পার-ডাইকার্বনিক অ্যাসিড)　　HOOC–O–OH (পারমনো কার্বনিক অ্যাসিড)

**পার ডাই-কার্বনেট।** খুব নিম্ন তাপমাত্রায় (—10°C) যদি পটাসিয়াম কার্বনেটের সম্পৃক্ত দ্রবণকে উচ্চ তড়িৎপ্রবাহ ব্যবহার করিয়া তড়িৎবিশ্লেষিত করা হয় তাহা হইলে অ্যানোডে নীলাভ-সাদা একটি অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। উহাকে শীতল জল, কোহল এবং ইথারে ধৌত করিয়া বিশুষ্ক করা হয়। ইহাই পটাসিয়াম পার-ডাই-কার্বনেট, $K_2C_2O_6$।



সোডিয়াম পারডাই-কার্বনেটও ঐভাবে প্রস্তুত হয়। এই লবণগুলি ঈষৎ তাপেই ভাঙ্গিয়া যায় ও অক্সিজেন দেয়। প্রশম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন নিষ্কাশিত করে :



$$2K_2C_2O_6 \rightarrow 2K_2CO_3 + 2CO_2 + O_2$$
$$K_2C_2O_6 + 2KI \rightarrow 2K_2CO_3 + I_2$$

এই তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত পার-ডাইকার্বনেট ছাড়াও আর এক রকমের সমযৌগিক (isomeric) পার-ডাইকার্বনেট পাওয়া সম্ভব। অতি শীতল অবস্থায় সোডিয়াম পার-অক্সাইডের কোহলীয় দ্রবণে যদি $CO_2$-গ্যাস পরিচালনা করা হয়, তাহা হইলেও সোডিয়াম পার-ডাইকার্বনেট উৎপন্ন হয়। পটাসিয়াম পার-ডাই-কার্বনেটও একই ভাবে তৈয়ারী করা যায়।



$$Na_2O_2 + 2CO_2 = Na_2C_2O_6$$

কিন্তু এই পার-ডাইকার্বনেট পূর্বোক্ত তড়িৎ-জাত পারকার্বনেট হইতে পৃথক। উহারা অবশ্যই সমযোজী এবং উহাদের সংকেত হইবে :



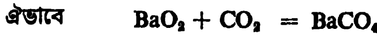
KOOC–O–O–COOK (তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত)　　KOOC–O–C(=O)–O–OK (সংশ্লেষিত)

সংশ্লেষিত পার-ডাই-কার্বনেট KI-দ্রবণ হইতে যে আয়োডিন নিষ্কাশিত করে উহার পরিমাণ অপরটির অর্ধেক।

**পারমনোকার্বনেট।** ঠাণ্ডাজলে $Na_2O_2$-কে প্রলম্বিত রাখিয়া $CO_2$-গাস প্রবাহিত করিলে, যুত-যৌগিকরূপে সোডিয়াম পারমনোকার্বনেট উৎপন্ন হয়;



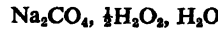
$$Na_2O_2 + CO_2 = Na_2CO_4$$



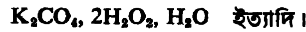
ঐভাবে $$BaO_2 + CO_2 = BaCO_4$$

ইহাদের বিশেষ কোন গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার নাই। কোন কোন পারমনোকার্বনেট লবণে কেলাস-জল থাকে, আবার কখনও $H_2O_2$ও যুক্ত থাকে। যেমন,









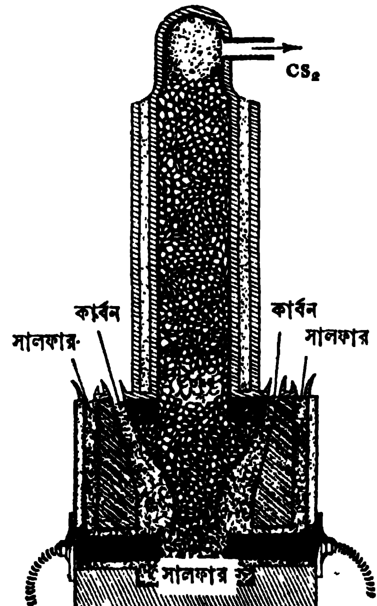
$Li_2CO_4, H_2O$ $\qquad$ $Na_2CO_4, \frac{1}{2}H_2O_2, H_2O$

$Na_2CO_4, 1\frac{1}{2}H_2O$ $\qquad$ $K_2CO_4, 2H_2O_2, H_2O$ ইত্যাদি।

**কার্বনেট-পারহাইড্রেট।** ক্ষারধাতুর কার্বনেটের উপর শীতল অবস্থায় হাইড্রোজেনের বিক্রিয়াতে কার্বনেট-পারহাইড্রেট জাতীয় পদার্থের উদ্ভব হয়। সোডিয়াম কার্বনেট পারহাইড্রেট, $Na_2CO_3, H_2O_2, \frac{1}{2}H_2O$ এই শ্রেণীর একটি উল্লেখযোগ্য পারহাইড্রেট। সোডিয়াম কার্বনেট ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়াতে ইহা উৎপন্ন হয়, উহাতে কোহল মিশাইলে লবণটি অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই লবণটি অতি ধীরে ধীরে প্রশম KI দ্রবণ হইতে আয়োডিন নিষ্কাশিত করে। লবণটি অনেক সময় কৃত্রিম সাবানের পাউডারে ব্যবহৃত হয়। এইরূপ আর একটি পারহাইড্রেট, $2Na_2CO_3, 3H_2O_2$।

**১৭-২৫। কার্বন ডাই-সালফাইড, $CS_2$।** শ্বেততপ্ত বিচূর্ণ কোক এবং সালফার বাষ্পের সংযোগে কার্বন-ডাইসালফাইড তৈয়ারী হয়। $C + S_2 = CS_2$, ইহা একটি তাপ-গ্রাহী বিক্রিয়া, সুতরাং উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন।

একটি উচ্চ টাওয়ারে বিচূর্ণ কোক খুব উত্তপ্ত রাখা হয় (চিত্র ১৭-জ)। উহার তলদেশে বৈদ্যুতিক আর্ক দ্বারা সালফারকে গলাইয়া বাষ্পীভূত করা হয়। সালফার বাষ্প উত্তপ্ত কোকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় $CS_2$ উৎপন্ন হয়। কার্বন-ডাইসাল-ফাইডের বাষ্প উপরের নির্গম-নল দিয়া বাহিরে আসিলে উহাকে শীতল করিয়া তরল কার্বন ডাই-সালফাইড সংগ্রহ করা হয়।




চিত্র ১৭জ। $CS_2$ প্রস্তুতি

কার্বন ডাইসালফাইড একটি উদ্বায়ী বর্ণহীন তরল (স্ফুটনাঙ্ক, 46°C)। তরলটির প্রতি-সরাঙ্ক খুব বেশী, 1.266 (20°C)। জলের সঙ্গে মিশে না কিন্তু কোহল, ইথার বা ক্লোরোফর্মের সঙ্গে অনায়াসে মিশ্রিত হয়। সাধারণতঃ ইহার একটি দুর্গন্ধ আছে। এই গন্ধ অন্যান্য সালফার-যৌগ মিশ্রিত থাকার জন্য। যদি পারদের সঙ্গে উহাকে পুনঃপুনঃ ঝাঁকাইয়া লওয়া হয় তবে বিশুদ্ধ $CS_2$-এর একটি মৃদু গন্ধ থাকে।

কার্বন-ডাইসালফাইড দাহ্য, এবং আগুন ধরাইয়া দিলে উহার বাষ্প অক্সিজেন বা নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহ প্রজ্জলিত হয়।

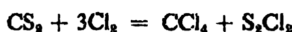


$$2CS_2 + 5O_2 = 2CO + 4SO_2$$



$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

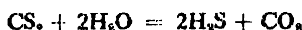
কার্বন-ডাইসালফাইডে ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড এবং সালফার ক্লোরাইড হয়, বিক্রিয়াতে আয়োডিন অনুঘটক রূপে কাজ করে।



$$CS_2 + 3Cl_2 = CCl_4 + S_2Cl_2$$

বস্তুতঃ এই বিক্রিয়ার সাহায্যেই লেবরেটারীতে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করা হইয়া থাকে। এই বিক্রিয়ার আর একটি উৎপন্নজাত যৌগ হইল সালফার মনোক্লোরাইড। উহাদের উভয়ই তরল এবং স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 77°C ও 138°C। তাই আংশিকপাতন প্রক্রিয়াদ্বারা সহজেই পৃথক করা যায়।

150°C-এর উচ্চ উষ্ণতায় $CS_2$ জলের সহিত বিক্রিয়া করে।



$$CS_2 + 2H_2O = 2H_2S + CO_2$$

কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়াতে কার্বন ডাইসালফাইড থায়োকার্বনেট দেয়:



$$3CS_2 + 6NaOH = Na_2CO_3 + 2Na_2CS_3 + 3H_2O$$

সোডিয়াম সালফাইডের সঙ্গেও থায়োকার্বনেট হয়.



$$CS_2 + Na_2S \rightarrow Na_2CS_3$$

উত্তপ্ত পটাসিয়াম উহার বাষ্পকে বিযোজিত করে:



$$CS_2 + 4K = 2K_2S + C$$

কার্বন ডাইঅক্সাইডের মত কার্বন ডাই-সালফাইড অণুটি মোটামুটি সরলরৈখিক:



$$S = C = S$$

কার্বন ডাইসালফাইডের বিষক্রিয়া আছে। জামাকাপড়ের ছোট পোকা মাকড় মারার জন্য, ইঁদুর ইত্যাদি ধ্বংস করার জন্য ইহা ব্যবহার হয়। দ্রাবক হিসাবে ইহার চাহিদা যথেষ্ট, বিশেষতঃ রবারের ভ্যালকানাইজেসনে (vulcanisation)। ইহা প্রয়োজন হয় সালফার ক্লোরাইডের দ্রাবকরূপে; জ্যান্থেট পদ্ধতিতে (Xanthate) কৃত্রিম রেশম উৎপাদনে ইহা বিশেষ প্রয়োজন।

**১৭-২৬। কার্বনিল-সালফাইড, COS।** কার্বন মনোক্সাইড এবং সালফার বাষ্পের মিশ্রণকে একটি উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া পরিচালনা করিলে কার্বনিল সালফাইড পাওয়া যায়। অথবা, লোহিততপ্ত কোকের উপর দিয়া সালফার-ডাই-অক্সাইড পাঠাইলেও কার্বনিল সালফাইড উৎপন্ন হয়।



$$2CO + S_2 = 2COS \; ; \; 2SO_2 + 3C = 2COS + CO_2$$

কিন্তু অনেক সময়েই অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেটের সঙ্গে উষ্ণ নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে কার্বনিল সালফাইড প্রস্তুত করা হয়:



$$NH_4CNS \xrightarrow{H_2SO_4} HCNS \; ; \; HCNS + H_2O = COS + NH_3$$

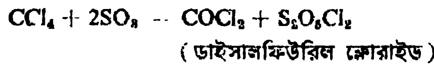
কার্বনিল সালফাইড বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। উহার কিছু চেতনানাশক গুণ আছে। কোহলীয় অ্যামোনিয়ার সঙ্গে কার্বনিল সালফাইড অ্যামোনিয়াম থায়োকার্বামেট উৎপাদন করে :



$$COS + 2NH_3 = NH_4.S.CONH_2$$

**১৭-২৭। কার্বনিল ক্লোরাইড, $COCl_2$।** কার্বন মনোক্সাইড এবং ক্লোরিনের সমায়তন মিশ্রণকে প্রখর সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে অথবা উত্তপ্ত সক্রিয় চারকোলের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিন উৎপন্ন হয়, $CO + Cl_2 = COCl_2$

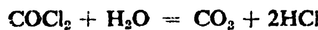
ল্যাবরেটরীতে ফুটন্ত কার্বন-টেট্রাক্লোরাইডের উপর ফোঁটা ফোঁটা ধূমায়মান $H_2SO_4$ ফেলিয়া ফস্‌জিন তৈয়ারী করা হয় :



$$CCl_4 + 2SO_3 = COCl_2 + S_2O_5Cl_2$$

(ডাইসালফিউরিল ক্লোরাইড)

জলের সংস্পর্শে ফস্‌জিন ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় :



$$COCl_2 + H_2O = CO_2 + 2HCl$$

অর্থাৎ, উহাকে কার্বনিক অ্যাসিডের অ্যাসিড-ক্লোরাইড মনে করা যায়। কোহল ও অ্যামোনিয়ার সঙ্গে উহার নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে।



$$COCl_2 + 2EtOH = CO(OEt)_2 + 2HCl$$



$$COCl_2 + 4NH_3 = CO(NH_2)_2 + 2NH_4Cl$$

কার্বনিল ক্লোরাইড একটি তীব্র গন্ধযুক্ত শ্বাসরোধকারী গ্যাস এবং উহা একটি তীব্র বিষ। কোন কোন জৈবপদার্থ প্রস্তুতিতে ইহার প্রয়োজন হয়।

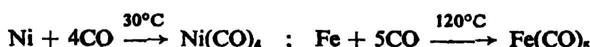
**১৭-২৮। ধাতব কার্বনিল (Metal carbonyls)।** পর্যায় সারণীর অষ্টম শ্রেণীর ধাতুগুলির কার্বন-মনোক্সাইডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $M_x(CO)_y$ জাতীয় ধাতব-কার্বনিল যৌগ-উৎপাদনের একটা প্রবণতা দেখা যায়। উহাদের সন্নিকট ষষ্ঠ এবং সপ্তম শ্রেণীর ধাতুগুলিরও এইরূপ ধাতব কার্বনিল হয়। কয়েকটি উদাহরণ :

| ষষ্ঠ শ্রেণী-A | সপ্তম শ্রেণী-A | অষ্টম শ্রেণী |
|---|---|---|
| $Cr(CO)_6$ | $Mn_2(CO)_{10}$ | $Fe(CO)_5$, $CO_2(CO)_8$, $Ni(CO)_4$ |
| $Mo(CO)_6$ | $Re_2(CO)_{10}$ | $Fe_2(CO)_9$, $Co_4(CO)_{12}$ |
| $W(CO)_6$ | | $Fe_3(CO)_{12}$, $Ru(CO)_5$, $Os(CO)_5$ ইত্যাদি। |

যে সকল ধাতব-কার্বনিলে ধাতুর একটিমাত্র পরমাণু থাকে, যথা, $Ni(CO)_4$, $Fe(CO)_5$, . . . তাহাদের সংরচনা অপেক্ষাকৃত সরল এবং তাহাদের বলা হয় 'মনোমারিক কার্বনিল' (monomeric carbonyl)। একাধিক ধাতব পরমাণু-সমন্বিত কার্বনিলগুলির গঠন বেশ জটিলতর, উহাদের 'পলিনিউক্লিয়ার কার্বনিল' (polynuclear corbonyl) বলা হয়, যেমন, $Fe_2(CO)_9$, $Mn_2(CO)_{10}$। এখানে সরল কার্বনিল সম্বন্ধেই প্রধানতঃ আলোচনা করা হইতেছে।

প্রস্তুতি। ধাতব কার্বনিল নানা উপায়ে তৈয়ারী করা যায়, কয়েকটি পদ্ধতি উল্লেখ করা হইল।

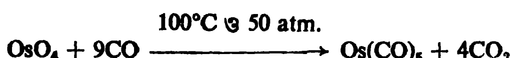
(ক) সরাসরি ধাতু এবং কার্বন-মনোক্সাইডের সংশ্লেষণের ফলে ধাতব কার্বনিল পাওয়া যায়; সদ্য-প্রস্তুত নিকেল ও আয়রণের কার্বনিল এইভাবে প্রস্তুত হয়:



$$Ni + 4CO \xrightarrow{30°C} Ni(CO)_4 \quad ; \quad Fe + 5CO \xrightarrow{120°C} Fe(CO)_5$$

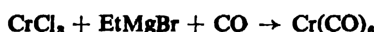
সাধারণতঃ চাপ বৃদ্ধি করিলে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে উষ্ণতা বাড়াইলে এইসকল বিক্রিয়া আরও সহজে হয়।

(খ) অনেক সময় ধাতুগুলির কোন উপযুক্ত যৌগের সঙ্গে উচ্চচাপে কার্বন-মনোক্সাইডের বিক্রিয়া হইতেও ধাতব কার্বনিল পাওয়া যায়;



$$OsO_4 + 9CO \xrightarrow{100°C \text{ ও } 50 \text{ atm.}} Os(CO)_5 + 4CO_2$$

(গ) গ্রিগনার্ড বিকারক সাহায্যে ধাতব হ্যালাইড এবং কাবন-মনোক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতব-কার্বনিল পাওয়া যায়:

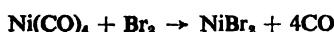


$$CrCl_3 + EtMgBr + CO \rightarrow Cr(CO)_6$$

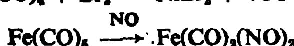
ধর্ম। মনোমারিক ধাতব কার্বনিলগুলি সাধারণতঃ উদ্বায়ী এবং জৈব-দ্রাবকে দ্রবণীয়। উহারা অবশ্যই সমযোজী যৌগ। এই কার্বনিলগুলি প্রায়ই বর্ণহীন বা সাদা, কিন্তু জটিলতর কার্বনিলগুলির অধিকাংশেরই বিশেষ রঙ দেখা যায়। উহাদের উদ্বায়িতা এবং দ্রাব্যতাও অপেক্ষাকৃত কম।

সাধারণতঃ তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে কার্বনিলগুলি ভাঙ্গিয়া ধাতু এবং কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। সচরাচর উহারা বিজারকরূপে কাজ করে।

উহাদের নানা রকমের রাসায়নিক সক্রিয়তা দেখা যায়। কার্বনিলের CO-মূলক অন্যান্য পরমাণু বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয়।

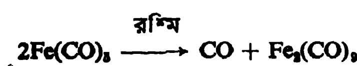


$$Ni(CO)_4 + Br_2 \rightarrow NiBr_2 + 4CO$$



$$Fe(CO)_5 \xrightarrow{NO} Fe(CO)_2(NO)_2$$

উত্তাপে বা অতিবেগুনী রশ্মিতে অনেক সময় সরল কার্বনিল উহার জটিলতর কার্বনিলে পরিণত হয়।



$$2Fe(CO)_5 \xrightarrow{\text{রশ্মি}} CO + Fe_2(CO)_9$$



$$2Fe_2(CO)_9 \xrightarrow{\text{তাপ}} Fe_3(CO)_{12} + Fe(CO)_5 + CO$$

কার্বনিল যৌগের গঠন সঠিক নির্ণয় বেশ কঠিন। কার্বন মনোক্সাইডের ইলেকট্রন-বিন্যাস:



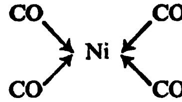
$$:C::\ddot{O}: \rightleftharpoons :\bar{C}:::\overset{+}{O}:$$

আর ধাতব কার্বনিলকে তাই নিম্নলিখিত সংস্পন্দিত অবস্থায় লেখা যাইতে পারে;



$$\bar{M}-\overset{+}{C}\equiv O: \rightleftharpoons M=C=\ddot{O}:$$

অর্থাৎ CO অণুতে অন্ততঃ অনাবদ্ধ একজোড়া ইলেকট্রন আছে। ইহার সাহায্যে সবর্গ-যোজ্যতা গঠন করিয়া উহা ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। বস্তুতঃ রামন-বর্ণালী দ্বারা ইহা সমর্থিত হয়। এইভাবে $Ni(CO)_4$-এর

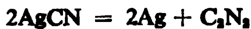



এইরূপ সংরচনা হইবে।

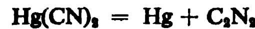
ল্যাংমুর (১৯২১) এবং পরে সিজউইক (১৯৩৪) দেখান যে যুক্ত অবস্থায় ধাতুর সঙ্গে যুক্ত মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা (E.A.N = effective atom number) এবং সেই পর্যায়ের শেষের নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা এক হইবে। যেমন, $Ni(CO)_4$-এ E.A.N. = 28 + 8 = 36, ঐ পর্যায়ের শেষের ক্রিপ্টনের ইলেকট্রন সংখ্যাও 36।

কার্বনিলের গঠন এবং উত্তাপপ্রয়োগে তাহার বিয়োজন—এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধ ধাতুর প্রাপ্তি সম্ভব। এইভাবে মণ্ডের পদ্ধতিতে $Ni(CO)_4$ গঠন করিয়া উহা হইতে বিশুদ্ধ নিকেল পাওয়া সম্ভব হইয়াছে।

**১৭-২৯। সায়নোজেন, $(CN)_2$।** সিলভার সায়ানাইড বা মারকিউরিক সায়ানাইডকে খুব উত্তপ্ত করিলে উহারা বিযোজিত হইয়া সায়ানোজেন গ্যাস দেয়।



$$2AgCN = 2Ag + C_2N_2$$



$$Hg(CN)_2 = Hg + C_2N_2$$

গাঢ় কপার-সালফেট ও পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের মিশ্রণ ঈষৎ তাপিত করিলেও সায়ানোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$CuSO_4 + 2KCN = K_2SO_4 + Cu(CN)_2\ ;\quad 2Cu(CN)_2 = Cu_2(CN)_2 + (CN)_2$$

অত্যন্ত বিষাক্ত এই বর্ণহীন গ্যাসটির একটি অপ্রিয় গন্ধ আছে।

সায়ানোজেনকে 'হ্যালোজেন-উপমেয়' (Pseudo-halogen) বলা হইয়া থাকে। ইহার কারণ, ইহা বিভিন্ন হ্যালোজেন যৌগের মত বিক্রিয়াগত সাদৃশ্য দেখাইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ, সায়ানোজেন ও ক্লোরিনের সহিত যথাক্রমে জল ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের বিক্রিয়ার কথা উল্লেখ করা যাইতে পারে।

সায়ানোজেন জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে।



$$(CN)_2 + H_2O \rightleftharpoons HCN + HCNO$$



$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$$

সেইরূপ ক্ষারীয় দ্রবণ উহাকে শোষণ করিয়া সায়ানাইড এবং সায়ানেটে পরিণত হয়,



$$(CN)_2 + 2KOH = KCN + KCNO + H_2O$$



$$Cl_2 + 2KOH = KCl + H_2O + KClO$$

গ্যাসটি দাহ্য, লাল শিখা সহ জ্বলে; $(CN)_2 + 2O_2 = 2CO_2 + N_2$

উহার আণবিক সংরচনা, $N \equiv C-C \equiv N$, এবং এই বিন্যাস উহার বিজারণ-জাত ইথিলীন-ডাই-অ্যামাইড $(H_2N.CH_2-CH_2.NH_2)$ দ্বারা সমর্থিত হয়।

১৭-৩০। **হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড, HCN।** পটাসিয়াম সায়ানাইড এবং লঘু $H_2SO_4$-এর মিশ্রণকে পাতিত করিলে হাইড্রোজেন সায়ানাইড গ্যাস বা হাইড্রোসায়নিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। এই গ্যাসকে একটি হিমমিশ্র-আবৃত গ্রাহক-নলে লইয়া গেলে, উহা তরলিত হয় ( স্ফুটনাঙ্ক, 25.6°C)।



$$KCN + H_2SO_4 = KHSO_4 + HCN$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড এবং লঘু $H_2SO_4$ একত্র করিয়া পাতিত করিলেও হাইড্রোসায়নিক অ্যাসিড পাওয়া যায়:



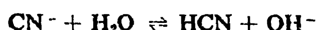
$$2K_4Fe(CN)_6 + 3H_2SO_4 = 3K_2SO_4 + K_2Fe[Fe(CN)_6] + 6HCN$$

সাধারণ উষ্ণতায় বিশুষ্ক মারকিউরিক সায়ানাইডের উপর দিয়া শুষ্ক $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলেও বিশুদ্ধ HCN পাওয়া সম্ভব।



$$Hg(CN)_2 + H_2S = HgS + 2HCN$$

হাইড্রোজেন সায়ানাইডের একটা বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইহা একটি তীব্র বিষ। সামান্য কয়েক ফোঁটা পানীয়ের সঙ্গে গ্রহণ করিলেই তৎক্ষণাৎ মৃত্যু ঘটে। জলে ইহা দ্রবণীয়, 2.5% গাঢ়ত্বের দ্রবণকে সাধারণতঃ বলা হয় 'প্রুসিক অ্যাসিড' ( Prussic acid )। ইহা অত্যন্ত মৃদু-অ্যাসিড, $K_a = 4.7 \times 10^{-10}$। এই জন্য সায়ানাইড লবণের দ্রবণ অতি সহজে আদ্র'-বিশ্লেষিত হয়।



$$CN^- + H_2O \rightleftharpoons HCN + OH^-$$

ইহার আণবিক সংরচনা,



$$H-C\equiv N \rightleftharpoons H-N=C$$

এই দুইরকম বিন্যাসের মধ্যে একটা সাম্য বর্তমান; অর্থাৎ দুই রকম অস্তিত্ব ধরা যাইতে পারে।

**সায়ানাইড।** হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের লবণ অর্থাৎ সায়ানাইড অনেক সময় প্রয়োজন হয়। সচরাচর পটাসিয়াম ফেরাসায়ানাইডকে ক্ষারধাতু বা কোন ক্ষারকের সঙ্গে বিগলিত করিলে পটাসিয়াম সায়ানাইড পাওয়া যায়,



$$Na_4Fe(CN)_6 + 2Na = 6NaCN + Fe$$

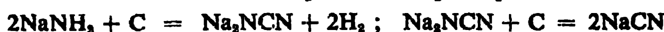


$$K_4Fe(CN)_6 + K_2CO_3 = 5KCN + KCNO + Fe + CO_2$$

**সোডিয়াম সয়ানাইড, NaCN।** কার্বন-চূর্ণের সঙ্গে সোডামাইডকে উচ্চ তাপমাত্রায় গালাইয়া সোডিয়াম সায়ানাইড তৈয়ারী করা হয়:



$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$



$$2NaNH_2 + C = Na_2NCN + 2H_2\ ;\ Na_2NCN + C = 2NaCN$$

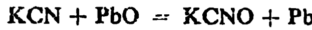
পটাসিয়াম সায়ানাইড তৈয়ারী করার জন্য কার্বন ও বিগলিত $K_2CO_3$-এর উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালনা করা হয়:



$$K_2CO_3 + C + 2NH_3 = 2KCN + 3H_2O$$

ক্ষারধাতুর সায়ানাইডগুলি সায়ানাইড পদ্ধতিতে সোনা ও রূপা নিষ্কাশনে ব্যবহার

হয়। গলিত অবস্থায় উহারা বিজারক হিসাবে কাজ করে এবং ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু বাহির করিয়া দেয়।

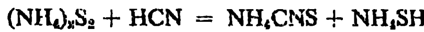


$$KCN + PbO = KCNO + Pb$$

বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে ধাতুলেপনের জন্য যে দ্রবণ ব্যবহৃত হয় তাহাতে ঐসকল সায়ানাইড প্রয়োজন হয়। বিকারক হিসাবেও ল্যাবরেটরীতে পটাসিয়াম সায়ানাইড ব্যবহার করা হয়।

পটাসিয়াম সায়ানাইডকে সালফার-চূর্ণ সহ গলাইয়া লইলে পটাসিয়াম থায়োসায়ানেট পাওয়া যায়, $KCN + S = KCNS$

হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইড $[(NH_4)_2S_2]$ হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট বা সালফোসায়ানাইড দেয়।



$$(NH_4)_2S_2 + HCN = NH_4CNS + NH_4SH$$

উল্লিখিত সরল সায়ানাইডসমূহ বাদে বিভিন্ন মৌলের (বিশেষতঃ সন্ধিগত মৌলসমূহের বেলায়) জটিল সায়ানাইডও জানা রহিয়াছে। ইহাদের সাধারণ সংকেত হইল, $[M^{n+}(CN)_x]^{(x-n)-}$, যথা: $[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Mo(CN)_8]^{3-}$ ইত্যাদি।

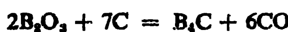
১৭-৩১। **কার্বাইড।** অপর কোন একটি মৌলের সঙ্গে কার্বনের দ্বিযৌগিক (binary) পদার্থকেই কার্বাইড বলা যাইতে পারে। এই সংজ্ঞানুযায়ী $CH_4$, $C_6H_6$, $CCl_4$, $CO_2$, $C_2N_2$, SiC, $Fe_3C$, $CaC_2$ ইত্যাদি সবই কার্বাইড। কিন্তু উহাদের অনেকগুলিকেই আমরা হাইড্রোকার্বন, অক্সাইড, নাইট্রাইড ইত্যাদি রূপে বিচার করি। অধাতুর কার্বাইড এবং ধাতুর কার্বাইডের মধ্যে প্রকৃতিগত এবং গঠনাত্মক প্রভেদ আছে। অধাতুর কার্বাইডগুলি সবই সমযোজী যৌগ এবং অধিকাংশই গ্যাসীয় বা তরল অবস্থায় থাকে। এই জন্য অধাতুর কার্বাইডকে সমযোজী কার্বাইড বলা হয়। যদিও $CH_4$, বা $C_6H_6$ ইত্যাদি এই শ্রেণীর অন্তর্গত কিন্তু সেগুলো কার্বাইড বলিয়া বিবেচনা করা হয় না। সমযোজী কার্বাইডের মধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য—সিলিকন কার্বাইড এবং বোরণ কার্বাইড।

**'সিলিকন কার্বাইড' SiC।** বিদ্যুৎচুল্লীতে প্রায় 2000°C তাপমাত্রায় বালু এবং বিচূর্ণ কোকের মিশ্রণকে কিছু খাদ্যলবণ ও কাঠের গুঁড়ার সঙ্গে একত্র উত্তপ্ত করিয়া সিলিকন কার্বাইড প্রস্তুত হয়: $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$। কালো, উজ্জ্বল, অত্যন্ত শক্ত কঠিনাকারে উহা পাওয়া যায়। ইহার অপর নাম 'কার্বোরাণ্ডাম'। উহাকে গলানো সুকঠিন এবং অত্যন্ত শক্ত বলিয়া পালিশের কাজে ব্যবহার হয়। উহার কাঠিন্য হীরকের প্রায় সমতুল্য। কোন কোন ছোট চুল্লীর অগ্নিসহ আস্তরণেও ব্যবহৃত হয়। প্রায় কোন বিকারক দ্বারাই উহা আক্রান্ত হয় না, কেবলমাত্র বাতাসে কস্টিক সোডাসহ গলাইলে উহার জারণ ঘটে,



$$SiC + 4NaOH + 2O_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

**বোরণ কার্বাইড, $B_4C$।** বোরিক অক্সাইড এবং বিচূর্ণ কোক বিদ্যুৎ-চুল্লীতে একত্র উত্তপ্ত করিয়া বোরণ কার্বাইড প্রস্তুত হয়। ইহা কার্বোরাণ্ডাম অপেক্ষাও শক্ত এবং ঘর্ষণ ও পালিশের জন্য ব্যবহার হয়।

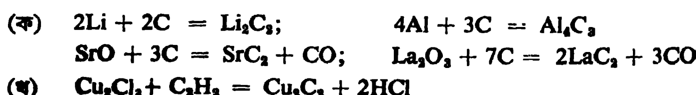


$$2B_2O_3 + 7C = B_4C + 6CO$$

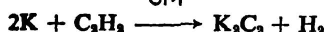
ধাতুর কার্বাইডগুলিকে আবার দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে: (ক) আয়নীয় বা লাবণিক কার্বাইড এবং (খ) অন্তরালীয় বা interstitial কার্বাইড।
বস্তুতঃ 'কার্বাইড' বলিতে সচরাচর ধাতুর কার্বাইডকেই মনে করা হয়।

**(ক) আয়নীয় কার্বাইড।** পর্যায় সারণীর প্রথম, দ্বিতীয় এবং তৃতীয় শ্রেণীর ধাতুর কার্বাইডগুলি প্রধানতঃ এই জাতীয়, যেমন, $CaC_2$, $Al_4C_3$, $Mg_2C_3$, ইত্যাদি। এই কার্বাইডগুলি সাধারণতঃ স্বচ্ছ স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। কঠিন অবস্থায় উহারা বিদ্যুৎ-পরিবহনক্ষম নয়। কেলাসের মধ্যে ধাতুর ক্যাটায়ন এবং কার্বনের অ্যানায়ন (লবণের স্ফটিকের অনুরূপ) পরপর সজ্জিত হইয়া ল্যাটিস গঠন করে, এইজন্যই উহাদের আয়নীয় কার্বাইড বলা হয়।

এই সকল কার্বাইড প্রস্তুতির দুইটি উপায় আছে: (ক) ধাতু বা উহার অক্সাইডের সঙ্গে কোকচূর্ণ উত্তপ্ত করিয়া, কিংবা (খ) অ্যাসিটিলীনের সঙ্গে ধাতুর কোন উপযুক্ত যৌগের বিক্রিয়া সাধন করিয়া।



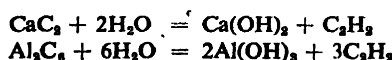
(ক) $2Li + 2C = Li_2C_2$; $4Al + 3C = Al_4C_3$
$SrO + 3C = SrC_2 + CO$; $La_2O_3 + 7C = 2LaC_2 + 3CO$
(খ) $Cu_2Cl_2 + C_2H_2 = Cu_2C_2 + 2HCl$



$$2K + C_2H_2 \xrightarrow{\text{তাপ}} K_2C_2 + H_2$$
[অ্যামোনিয়া দ্রবণে]

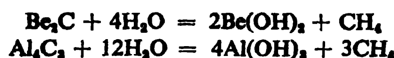
আয়নীয় কার্বাইডগুলি আবার তিন জাতীয়: (১) অ্যাসিটিলাইড, (২) মিথানাইড এবং (৩) অ্যালাইলাইড। আয়নীয় কার্বাইডগুলি জলে বা লঘু অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যাসিটিলীন, মিথেন অথবা অ্যালিলীন উৎপন্ন করে। তদনুযায়ী এই বিভাগ করা হইয়াছে। যথা:

(১) অ্যাসিটিলাইড;



$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$
$$Al_2C_6 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3C_2H_2$$

(২) মিথানাইড;



$$Be_2C + 4H_2O = 2Be(OH)_2 + CH_4$$
$$Al_4C_3 + 12H_2O = 4Al(OH)_3 + 3CH_4$$

(৩) অ্যালাইলাইড;



$$Mg_2C_3 + 4H_2O = 2Mg(OH)_2 + CH_3C \equiv CH$$

এই তিন রকমের কার্বাইড-কেলাসে যথাক্রমে $(C_2^{2-})$, $(C^{4-})$,$(C_3^{4-})$ অ্যানায়ন আছে মনে করা হয়।

**(খ) অন্তরালীয় কার্বাইড।** পর্যায় সারণীর চতুর্থ, পঞ্চম এবং ষষ্ঠ শ্রেণীর A-উপশ্রেণীর অন্তর্গত কার্বাইড এই জাতের; যথা, $TiC$, $ZrC$, $NbC$, ইত্যাদি এবং $Mo_2C$, $W_2C$, . . . ইত্যাদি।

এই কার্বাইডগুলি সাধারণতঃ অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সরাসরি কার্বন এবং ধাতুর সংযোগে গঠিত হয়। অত্যধিক শক্ত এবং অতি উচ্চ গলনাঙ্ক ইহাদের বৈশিষ্ট্য, অধি-

কাংশই প্রায় 4000°C তাপমাত্রার উপরে গলিয়া থাকে। কার্বাইডগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা প্রায় নাই, কিন্তু উহারা বিদ্যুৎ-পরিবাহী। জলে উহাদের কোন আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় না।

সন্ধিগত মৌলগুলির (Cr, Mn, Fe, Co, Ni) কার্বাইড, যথা $Cr_3C_2$, $Fe_3C$, $Mn_3C$, $Ni_3C$ ইত্যাদি যদিও অন্তরালীয় কার্বাইড, কিন্তু উহাদের প্রকৃতি একটু স্বতন্ত্র। বস্তুতঃ অনেকে উহাদের একটি পৃথক রকমের কার্বাইড মনে করেন, কারণ উহাদের ধর্ম আয়নীয় এবং অন্তরালীয় কার্বাইডের মাঝামাঝি। এই কার্বাইডগুলি আর্দ্র-বিশ্লেষণে বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন; যেমন, $CH_4$, $C_2H_4$, $C_2H_6$, এমনকি কখনও কখনও তরল ভারী হাইড্রোকার্বনও উৎপাদন করে।

## জ্বালানি (Fuels)

১৭-৩২। **জ্বালানি।** দৈনন্দিন নানা কাজে, শীতনিবারণে, যানবাহন পরিচালনে, কলকারখানার কাজে আমাদের তাপ-উৎপাদন একান্ত প্রয়োজন। নানা রকম দাহ্যবস্তু পোড়াইয়া এই তাপ উৎপাদন করা হয়। এসকল দাহ্যবস্তুকে বলা হয় জ্বালানি। কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় তিন রকমের জ্বালানিই ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতিলব্ধ জ্বালানিই কখন সরাসরি পোড়ান হয়। আবার অনেক সময় প্রকৃতিজাত দাহ্যবস্তুকে বিশেষ প্রক্রিয়াতে উন্নততর জ্বালানিতে পরিণত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

| জ্বালানি | কঠিন | তরল | গ্যাসীয় |
|---|---|---|---|
| প্রকৃতিজাত | কাঠ, কয়লা, বিটুমেন অ্যানথ্রাসাইট | পেট্রোলিয়াম | প্রাকৃতিক গ্যাস (Natural gas) |
| বিশেষ প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত | কোক, চারকোল | পেট্রোল, কেরোসিন ডিজেল• তেল, বেনজোল, স্পিরিট ইত্যাদি | কোল-গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, অয়েল গ্যাস |

বিভিন্ন জ্বালানির তাপ-উৎপাদন ক্ষমতা এক নয়। যে জ্বালানির তাপ-উৎপাদন ক্ষমতা বেশী তাহারই দাম বেশী। তাপ-উৎপাদন ক্ষমতা ব্রিটিশ তাপীয় এককে* (B.T.U.) মাপা হয়। এক পাউণ্ড তরল বা কঠিন জ্বালানি অথবা এক ঘনফুট গ্যাসীয় জ্বালানি যত BTU একক তাপ উৎপাদন করে তাহাই সেই জ্বালানির তাপনমূল্য (calorific value); যেমন, বিটুমেন কয়লার তাপন মূল্য 14950 BTU, কোল-গ্যাসের তাপনমূল্য প্রতি ঘনফুটে 560 BTU।

বিভিন্ন জ্বালানির মধ্যে কয়লাই সর্বপ্রধান। কয়লা খনি হইতে সংগ্রহ করিয়া সরাসরি পোড়ান ত' হয়ই, তাছাড়া উহার অন্তর্ধূমপাতনে সংগৃহীত কোক, কোলগ্যাস উত্তম জ্বালানি।

* যে পরিমাণ তাপ দ্বারা এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°F বাড়ান যায়, তাহাই B.T.U. একক।

আবার কয়লা হইতে কৃত্রিম পেট্রোলজাতীয় পদার্থ উৎপাদন করা হয়। এবং প্রডিউসার গ্যাস, কোল-গ্যাস প্রভৃতি গ্যাসীয় জ্বালানিও কয়লা হইতে প্রস্তুত হয়। প্রকৃতিতে যে কয়লা পাওয়া যায় তাহার প্রধান অংশ কার্বন বটে, কিন্তু কার্বনের সঙ্গে অনেকখানি অতি মূল্যবান জৈবপদার্থ মিশ্রিত থাকে। যেখানে সোজাসুজি কয়লা পোড়ান হয় সেখানে এই মূল্যবান পদার্থগুলির অপচয় হয়। সেই জন্য সমস্ত উন্নত দেশেই কয়লার অন্তর্ধূম-পাতনদ্বারা জৈবপদার্থগুলিকে উদ্বায়িত করিয়া পৃথক করা হয়; পাতন-প্রকোষ্ঠে অনুদ্বায়ী কোক পড়িয়া থাকে। কোক সংগ্রহের জন্য কয়লার এই অন্তর্ধূমপাতনকে বলা হয় **কয়লার কার্বনীকরণ** (Carbonisation of coal)।

অন্তর্ধূমপাতনে যে অংশ উদ্বায়িত হইয়া আসে তাহাতে তরল এবং গ্যাস দুইই থাকে। গ্যাসীয় অংশটিই 'কোল-গ্যাস', উহা গ্যাসীয় জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। আর পাতিত তরলের দুইটি ভাগ থাকে---এক ভাগে অ্যামোনিয়াক্যাল দ্রবণ (ammoniacal liquor) এবং বেশীর ভাগ আলকাতরা-জাতীয় তরল। অ্যামোনিয়াকাল দ্রবণে কয়লার নাইট্রোজেন-জাত যৌগ হইতে অ্যামোনিয়া আসিয়া সঞ্চিত হয় এবং এই অ্যামোনিয়াকে অ্যামো-নিয়াম সালফেট হিসাবে সংগ্রহ করা হয় (মূল্যবান সার)। আলকাতারার স্তর হইতে ফিনোল, ফুয়েল অয়েল (জ্বালানি তেল) তৈয়ারী হয়; আবার বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথলিন প্রভৃতি নানা ধরনের বৃত্তাকার জৈব-যৌগও পাওয়া যায়। বস্তুতঃ বহু অত্যন্ত প্রয়োজনীয় 'গন্ধবহ' (aromatic) জৈবযৌগের প্রধান উৎস হইল কয়লা হইতে পাওয়া আলকাতরা।

প্রকৃতিতে যে কয়লা পাওয়া যায় তাহা বিভিন্ন রকমের---পিট, লিগনাইট, বিটুমেন, অ্যানথ্রাসাইট প্রভৃতি। ইহাদের কার্বনের পরিমাণও এক নয়, এবং জৈবজাতীয় বস্তুগুলি সম্পূর্ণ এক নয়। কয়লার অন্তর্ধূমপাতনে 'বিটুমেন' কয়লাই ব্যবহার করা হয়। কয়লার এই কার্বনীকরণ দুইভাবে করা যায়--- নিম্ন উষ্ণতায় কিংবা উচ্চ উষ্ণতায়। 'নিম্নতাপ কার্বনীকরণ'($600 \sim 700°C$) এবং 'উচ্চতাপ কার্বনীকরণে' ($1200 \sim 1400°C$) যে সকল পদার্থ পাওয়া যায় তাহার পরিমাণ ত বিভিন্ন বটেই, কোন কোন পাতিত দ্রব্যও বিভিন্ন। নিম্নতাপ কার্বনীকরণে কোক কিছু বেশী থাকে, কিন্তু কোলগ্যাস অনেক কম হয়। অপর পক্ষে উচ্চতাপ কার্বনীকরণে বেনজিন, টলুইন প্রভৃতির পরিমাণ আলকাতরায় বেশী থাকে। নীচের সারণীতে ইহার একটু আভাষ পাওয়া যাইবে।

**কয়লার কার্বনীকরণ**

| | উপজাত দ্রব্য | নিম্নতাপ | উচ্চতাপ |
|---|---|---|---|
| 1. | কোলগ্যাস | 4000 ~ 6000 ঘনফুট/টন | 10000 ~ 13000 ঘনফুট/টন |
| | (তাপনমূল্য) | 700 ~ 900 B.T.U. | 500 ~ 600 B.T.U. |
| 2. | কোক | 75 ~ 80% | 65 ~ 75% |
| 3. | আলকাতরার স্তর | 20—40 গ্যালন/টন | 10—17 গ্যালন/টন |
| 4. | অ্যামোনিয়াম সালফেট | 12 ~ 15 পাউণ্ড/টন | 24—26 পাউণ্ড/টন |

নিম্নতাপ কার্বনীকরণে যে কোক (soft coke) পাওয়া যায়, সাধারণ গৃহস্থালীর কাজে বা ইঞ্জিন ইত্যাদির জন্য উহা খুব উপযুক্ত এবং সহজদাহ্য। বিজারণদ্বারা ধাতু-উৎপাদনের জন্য যে উৎকৃষ্ট কোক প্রয়োজন, তাহা উচ্চতাপ কার্বনীকরণে প্রস্তুত কোক (hard coke)। নিম্নতাপ অন্তর্ধূমপাতনে যে আলকাতরা পাওয়া যায় তাহা হইতে মোটর স্পিরিট ইত্যাদি তরল জ্বালানি সহজে উৎপাদন করা সম্ভব।

## গ্যাসীয় জ্বালানি

সাধারণ উনানে, ধাতু-নিষ্কাশনের চুল্লীতে, রেলের ইঞ্জিন প্রভৃতিতে কঠিন ইন্ধন কয়লা, কাঠ প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়। পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি তরল জ্বালানিসমূহ মোটরের ইঞ্জিন, স্টোভ ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। গ্যাসীয় ইন্ধনের প্রচলন অপেক্ষাকৃত আধুনিক, কিন্তু উহা দ্রুত প্রসারলাভ করিতেছে। অনেক রকম রাসায়নিক শিল্প ছাড়াও গৃহস্থের কাজে গ্যাসীয় ইন্ধনের প্রয়োগ আজকাল দেখা যাইতেছে। বিশেষ কয়েকটি গ্যাস জ্বালানি-রূপে ব্যবহৃত হয়, যথা :

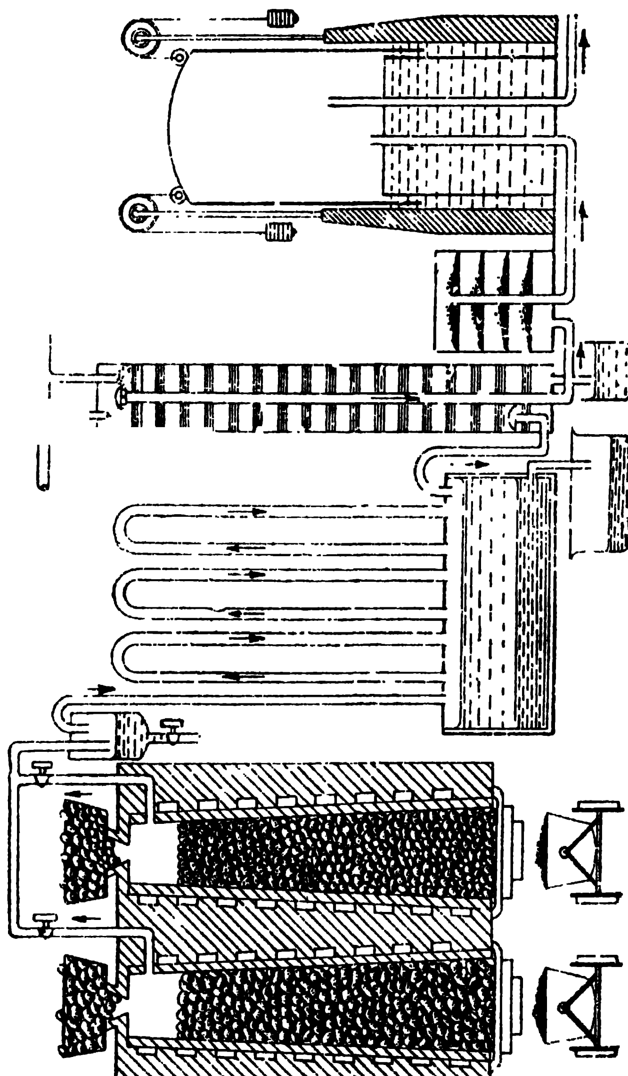
(১) প্রাকৃতিক বা ন্যাচারেল গ্যাস, (২) কোল গ্যাস, (৩) প্রডিউসার গ্যাস, (৪) ওয়াটার গ্যাস, (৫) সেমিওয়াটার গ্যাস, (৬) অয়েল গ্যাস।

আমেরিকার এবং রাশিয়ার ককেশীয় অঞ্চলের পেট্রোলিয়াম খনিগুলি হইতে প্রচুর গ্যাস নির্গত হয়। ইহাকে ন্যাচারেল গ্যাস বা প্রাকৃতিক গ্যাস বলে। জ্বালানি হিসাবে ঐসব দেশে ইহা বহুল ব্যবহৃত হয়।

এখন অন্যান্য গ্যাসীয় জ্বালানীর বিষয় আলোচনা করা যাইতে পারে।

১৭-৩৩। কোল-গ্যাস। অগ্নিসহ মৃত্তিকার বড় বড় বকযন্ত্রে বা অগ্নিসহ-ইষ্টকের চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূমপাতন সম্পাদিত হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলি দৈর্ঘ্যে 12′-15′ ফুট, উচ্চতায় 8′-10′ ফুট এবং প্রস্থে 2′ ফুট হয়। এই রকম একত্রে প্রায় 20-25টি প্রকোষ্ঠ থাকে। উহাদিগকে চারিদিক হইতে জ্বালানি-গ্যাস সাহায্যেই উত্তপ্ত করার ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠের প্রায় তিন-চতুর্থাংশ কয়লার টুকরাতে ভর্তি করিয়া দেওয়া হয় এবং উহার চারিদিক মাটির প্রলেপদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে বাতাস ভিতরে প্রবেশ করিতে না পারে। নিকটেই প্রডিউসার গ্যাস উৎপন্ন করিয়া অথবা এই প্রণালীতে যে কোলগ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহারই কিয়দংশ বাতাসের সহিত পোড়াইয়া এই প্রকোষ্ঠগুলিকে উত্তপ্ত করা হয়। 1200°C উষ্ণতায় সচরাচর অন্তর্ধূমপাতন সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠ হইতে উদ্বায়ী পদার্থসমূহ উপরের একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। অনুদ্বায়ী কোক প্রকোষ্ঠে পড়িয়া থাকে। কার্বনের কিছু অংশ ঊর্ধপাতিত হইয়া প্রকোষ্ঠের উপরিভাগে সঞ্চিত হয়। ইহাই গ্যাসকার্বন।

অন্তর্ধূমপাতনের ফলে কয়লা হইতে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে বাষ্পীভূত অবস্থায় যথেষ্ট আলকাতরা থাকে এবং আরও অনেক প্রকার গ্যাস থাকে ; যথা, $CH_4$, $C_2H_4$, $CS_2$, $H_2S$, HCN, CO, $NH_3$ প্রভৃতি। উদ্বায়ী গ্যাসসমূহ নিষ্ক্রান্ত হইয়াই প্রথমে একটি আংশিক জলপূর্ণ সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে এবং জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত



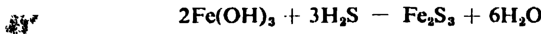
চিত্র ১৭ঞ। কোল-গ্যাস প্রস্তুতি

হইয়া যায় (চিত্র ১৭-ঝ)। অতঃপর গ্যাস পর পর কতকগুলি শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত হয়। এই শীতক-নলগুলি একটি ট্যাঙ্কের সহিত যুক্ত থাকে। ঠাণ্ডা হওয়ার ফলে প্রায় সম্পূর্ণ আলকাতরাটুকু এবং জলীয় বাষ্প তরল হইয়া ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়। কোন কোন গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। ট্যাঙ্কের তরল পদার্থ দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া পড়ে। নীচের অংশে আলকাতরা জমিয়া থাকে এবং উহার উপরিভাগে একটি জলীয় অংশ পাওয়া যায়। এই জলীয় অংশে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত থাকে এবং ইহা 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর' (ammoniacal liquor)

নামে পরিচিত। ইহার পর একটি কোক বা পাথরের প্লেটে পরিপূর্ণ উচ্চ-স্তম্ভে গ্যাসটিকে যথাসম্ভব জলে ধৌত করা হয়। ইহার পরেও গ্যাসের ভিতর কিছু সালফার-ঘটিত যৌগ থাকে। জ্বালানি-গ্যাসে কোন সালফার যৌগ থাকা অবাঞ্ছিত। সুতরাং উহাকে দূর করার জন্য গ্যাসটিকে আর একটি ছোট স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভটিতে কয়েকটি তাকের উপর ফেরিক হাইড্রক্সাইড রাখা হয়। ফেরিক হাইড্রক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করিয়া লয়। এইরূপে শোধিত হওয়ার পর যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাকেই কোলগ্যাস বলা হয় এবং উহাকে বড় বড় গ্যাস-ট্যাঙ্কে সঞ্চিত করা হয় এবং প্রয়োজন অনুযায়ী বিভিন্ন জায়গায় পরিচালিত করা হয়। যে পরিমাণ ওজন কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করা হয় তাহার প্রায় 17% কোলগ্যাস পাওয়া যায়।

কোলগ্যাসের $H_2S$ দূর করার জন্য ফেরিক হাইড্রক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

ফেরিক হাইড্রক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইডদ্বারা ফেরিক সালফাইডে পরিণত হয়। তখন উহাকে 'স্পেন্ট-অক্সাইড' (Spent oxide) বলে:



$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

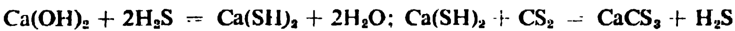
স্পেন্ট-অক্সাইড বাতাসে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে আবার ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার পাওয়া যায়। তাই স্পেন্ট-অক্সাইডকে সালফারের উৎস হিসাবে গণ্য করা হয়।



$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S$$

যাহা হউক, এই ফেরিক হাইড্রক্সাইড পুনরায় ব্যবহার করা যায়।

অনেক ক্ষেত্রে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের পরিবর্তে কলিচুন ব্যবহৃত হয়:



$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(SH)_2 + 2H_2O;\ Ca(SH)_2 + CS_2 = CaCS_3 + H_2S$$

বর্তমানে কোন কোন কারখানায় কোল-গ্যাসকে সোডা এবং সোডিয়াম থায়ো-আর্সেনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া উহার $H_2S$, HCN প্রভৃতি দূরীভূত করা হয়।

কোল-গ্যাসে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত গ্যাসসমূহ থাকে:

মিথেন, 30-35%; হাইড্রোজেন, 45-50%; ইথিলীন, 4%; কার্বন মনোক্সাইড, 5-10%; নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি, 5-8%।

কোল-গ্যাস সাধারণতঃ তাপ উৎপাদনের জন্যই প্রয়োগ করা হয়। কিন্তু ইথিলীন প্রভৃতি থাকার জন্য সময় সময় ভাস্বর জালির সাহায্যে উহা আলোক-উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে কোক, গ্যাসকার্বন, আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর এবং কোল-গ্যাস—প্রধানতঃ এই পাঁচটি পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের প্রত্যেকটিই খুব মূল্যবান এবং নানা রকম রাসায়নিক শিল্পে প্রয়োজনীয়।

**১৭-৩৪। 'প্রডিউসার গ্যাস' (Producer gas)।** প্রডিউসার গ্যাস নামক জ্বালানি প্রধানতঃ কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। শ্বেততপ্ত কোকের উপর দিয়া নিয়ন্ত্রিত পরিমাণ বায়ু পরিচালিত করিলে যে গ্যাস-মিশ্রণ পাওয়া যায় উহাই প্রডিউসার

গ্যাস। একটি বিশেষ রকমের চুল্লীতে (চিত্র ১৭-ঞ) উত্তপ্ত কয়লা লইয়া উহার নীচের দিক হইতে বায়ু প্রবেশ করান হয়। উপরের একপাশে নির্গম-নল দিয়া প্রডিউসার গ্যাস বাহির হইয়া যায়। এমন পরিমাণে বায়ু দেওয়া হয় যাহাতে কার্বন পুড়িয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। যদি কোন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা হইলে উহাও উত্তপ্ত কোকের সংস্পর্শে বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। নাইট্রোজেন অপরিবর্তিত অবস্থায় থাকে।



$$2C + O_2 = 2CO + 54 \text{ Kcal}$$



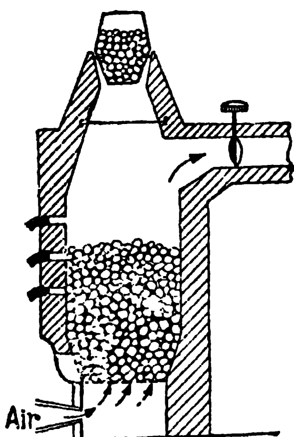
$$C + O_2 = CO_2 + 94 \text{ Kcal}$$



$$CO_2 + C = 2CO - 40 \text{ Kcal}$$

প্রডিউসার গ্যাসের বিভিন্ন উপাদানগুলির মোটামুটি আয়তন-অনুপাত :

নাইট্রোজেন—62%, কার্বন মনোক্সাইড—30%, হাইড্রোজেন 4%, কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি—4%। $CO:CO_2$ এই অনুপাতে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়িতে থাকে।




চিত্র ১৭-ঞ। প্রডিউসার গ্যাস-উৎপাদন

জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হওয়ার সময় প্রডিউসার গ্যাসের CO এবং $H_2$ বাতাসের অক্সিজেনের সাহায্যে পুড়িয়া যায় এবং যথেষ্ট তাপ উদ্গিরণ করে :



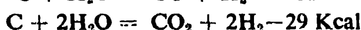
$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 136 \text{ Kcal}$$

অন্যান্য জ্বালানির তুলনায় প্রডিউসার গ্যাসের তাপ-উৎপাদন ক্ষমতা খুব বেশী নয়। কিন্তু সহজে এবং নিম্নস্তরের কয়লা হইতে পাওয়া যায় বলিয়া ধাতুনিষ্কাশন প্রক্রিয়াতে ও গ্যাস-ইঞ্জিনে প্রায়শঃই ইহা ব্যবহৃত হয়। প্রডিউসার গ্যাস যেখানে ব্যবহার করা হয় প্রয়োজনকালে সেখানেই উৎপাদন করিয়া লওয়া হয় এবং উত্তপ্ত গ্যাসই ব্যবহার করা হয়। ইহার তাপনমূল্য 150 BTU/ঘনফুট।

**১৭-৩৫। ওয়াটার-গ্যাস (Water gas)।** লোহিততপ্ত কোকের (1000°C) উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ইহাকেই ওয়াটার-গ্যাস বলে।



$$C + H_2O = CO + H_2 - 39 \text{ Kcal}$$



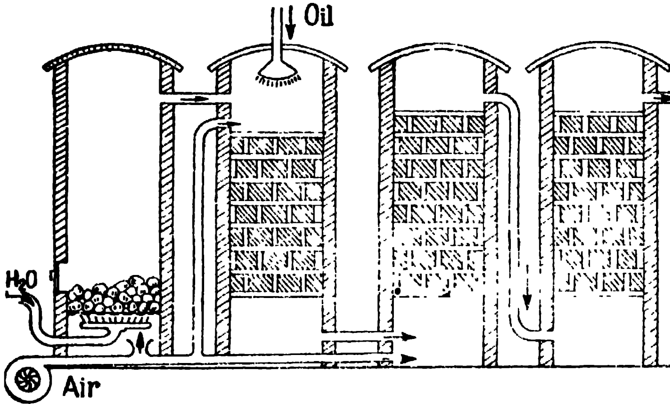
$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 - 29 \text{ Kcal}$$

কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উভয়েই দাহ্যবস্তু, সুতরাং ওয়াটার-গ্যাস জ্বালানি হিসাবে বিশেষ মূল্যবান। মোটামুটি ওয়াটার-গ্যাসের বিভিন্ন উপাদানের আয়তন-অনুপাত : হাইড্রোজেন—52%, কার্বন মনোক্সাইড—40%, নাইট্রোজেন—2%, কার্বন ডাই-অক্সাইড—4%, মিথেন—1% ইত্যাদি। তাপমাত্রা-বৃদ্ধিতে কার্বন মনোক্সাইডের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। ওয়াটার গ্যাসের তাপ-উৎপাদন ক্ষমতা সমধিক; প্রতি ঘনফুটে 300 BTU।

ওয়াটার-গ্যাস প্রস্তুত-কালে যে বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয় উহা তাপগ্রাহী। ফলে কিছুক্ষণ বিক্রিয়াটি হওয়ার পরই কোকের উষ্ণতা অনেক কমিয়া যায় এবং আর কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না। সুতরাং কিছুক্ষণ স্টীম পরিচালিত করিয়া ওয়াটার-গ্যাস তৈয়ারী করা হইলে পর অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ কোকের উপর দিয়া বায়ু পরিচালনা করা হয়। ইহাতে প্রডিউসার গ্যাস প্রস্তুত হয় এবং আবার কোক তপ্ত হইয়া উঠে। পুনরায় স্টীম পরিচালনা করা হয়। এইভাবে ক্রমান্বয়ে স্টীম ও বায়ুর প্রবাহ দ্বারা যে জ্বালানি পাওয়া যায় তাহা বস্তুতঃ ওয়াটার-গ্যাস ও প্রডিউসার-গ্যাসের মিশ্রণ—ইহাকে **সেমি-ওয়াটার-গ্যাস** বলে। কোন কোন সময় বায়ু ও স্টীম প্রয়োজনীয় অনুপাতে একত্র পরিচালিত করিয়াও সেমি-ওয়াটার-গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। ইহার তাপনমূল্য, 180 BTU/ঘনফুট। ইহার আয়তন অনুপাত $H_2$ 12%, CO 30%, $N_2$ 53%, অন্যান্য 5%।

তাপউৎপাদন ছাড়াও মিথাইল কোহল এবং কৃত্রিম পেট্রোল প্রস্তুতিতে ওয়াটার-গ্যাস ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়া উৎপাদনের হেভার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ সেমি-ওয়াটার-গ্যাস হইতে সংগৃহীত হয়।

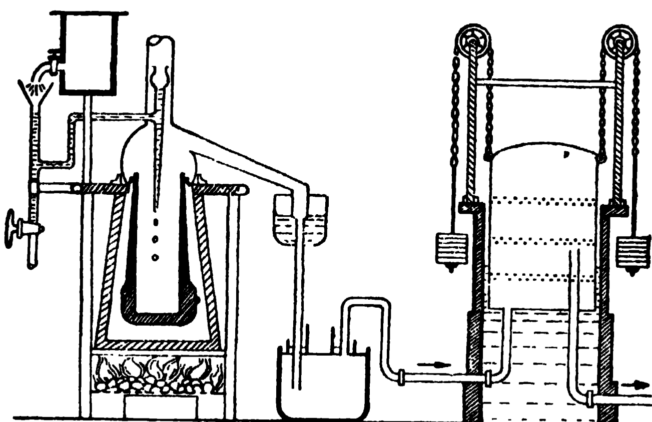
ওয়াটার-গ্যাস যখন জ্বালান হয় তখন উহা হইতে কোন উজ্জ্বল আলোক পাওয়া যায় না। আলোক-উৎপাদক রূপে ব্যবহার করার জন্য ওয়াটার-গ্যাসের সহিত আজকাল




চিত্র ১৭-ট। কারবিউরেটেড ওয়াটার-গ্যাস

খনিজতৈল-বাষ্প মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। উত্তাপে খনিজতৈল-বাষ্প বিয়োজিত হইয়া লঘু হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়। এখন এই হাইড্রোকার্বন-যুক্ত ওয়াটার-গ্যাস ভাস্বর থোরিয়াম-জালির উপর জ্বালাইলে উজ্জ্বল আলোক উৎপাদন করে। হাইড্রোকার্বন-মিশ্রিত ওয়াটার-গ্যাসকে **কারবিউরেটেড ওয়াটার-গ্যাস বলে** (চিত্র ১৭-ট)।

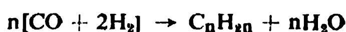
**১৭-৩৬। অয়েল-গ্যাস (Oil gas)।** পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি খনিজ-তৈল ফোঁটা ফোঁটা করিয়া লোহিত-তপ্ত কোন লৌহ-পাত্রে ফেলিলে উহা তৎক্ষণাৎ বিয়োজিত হইয়া বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন গ্যাসে পরিণত হয়। সাধারণ ল্যাবরেটরীতে এই অয়েল-গ্যাস



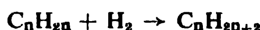
চিত্র ১৭-ঠ। অয়েল-গ্যাসপ্রস্তুতি

অনেক সময় বুনসেন দীপ প্রভৃতিতে ব্যবহৃত হয়। ১৭-ঠ চিত্রে অয়েল-গ্যাস প্রস্তুতির একটি মোটামুটি ব্যবস্থা দেখান হইল।

ইহা ছাড়া, ফিসার-ট্রপস্ পদ্ধতিতে ওয়াটার-গ্যাসের সঙ্গে অতিরিক্ত হাইড্রোজেন মিশাইয়া $[CO:H_2 = 1:2]$ বিভিন্ন অনুঘটকের $[CoO, ThO_2]$ উপস্থিতিতে 200°C তাপমাত্রায় পরিচালনা করিয়া পরিপৃক্ত এবং অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের তরল-মিশ্র তৈয়ারী করা যায়। এই তরল জ্বালানী হিসাবে প্রচুর তৈয়ারী হয় এবং ব্যবহৃত হয়।



$$n[CO + 2H_2] \rightarrow C_nH_{2n} + nH_2O$$



$$C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$$

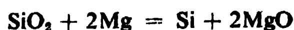
## সিলিকন

চিহ্ন Si, ক্রমাঙ্ক 14, পাঃ গুরুত্ব 28.06, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^22s^22p^63s^23p^2$

ভূপৃষ্ঠে সিলিকনের পরিমাণ অক্সিজেনের পরেই, প্রায় 26.3%। ইহার সবটাই সিলিকা $(SiO_2)$ এবং বিভিন্ন সিলিকেটরূপে অসংখ্য পাথরে, খনিজে আর বালু ও কাদামাটিতে রহিয়াছে।

**১৭-৩৭। সিলিকন। প্রস্তুতি।** সিলিকনের দুইটি রূপভেদ আছে: (১) সাধারণ অনিয়তাকার সিলিকন এবং (২) নিয়তাকার (crystalline) সিলিকন।

(১) সিলিকা এবং বিচূর্ণ ম্যাগনেসিয়াম একত্র মিশ্রিত করিয়া খুব উত্তপ্ত করিলে সাধারণ অনিয়তাকার সিলিকন পাওয়া যায়।



$$SiO_2 + 2Mg = Si + 2MgO$$

ঠাণ্ডা হইলে লঘু HCl-দ্বারা ধৌত করিলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দ্রবিত হইয়া যায়।

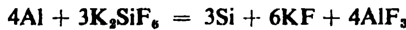
তারপর উহাতে লঘু হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দিলে অপরিবর্তিত সিলিকাও দূর হয়। কেবল মাত্র বাদামী রংয়ের সিলিকন অবশেষ থাকে।

(২) সিলিকাকে কোকচূর্ণ বা ক্যালসিয়াম কার্বাইডসহ বিদ্যুৎ-চুল্লীতে উচ্চতাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ঈষৎ হলুদ বা ধূসর বর্ণের শক্ত নিয়তাকার সিলিকন পাওয়া যায়।



$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO \quad ; \quad SiO_2 + CaC_2 = Si + Ca + 2CO$$

কখনও কখনও পটাসিয়াম ফ্লুয়োসিলিকেট ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ একত্র উত্তপ্ত করিয়া এই সিলিকন তৈয়ারী করা হয়।



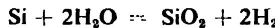
$$4Al + 3K_2SiF_6 = 3Si + 6KF + 4AlF_3$$

লঘু HCl-দ্বারা ধৌত করিয়া অপরিবর্তিত অ্যালুমিনিয়াম সরাইয়া নেওয়া হয়।

**ধর্ম।** নিয়তাকার সিলিকনের খানিকটা ধাতবগুণ দেখা যায়। উহার সামান্য তড়িৎ-পরিবাহিতা এবং দ্যুতি আছে। অপর সিলিকনের তাহা নাই। অনিয়তাকার সিলিকন অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে জ্বলিয়া ওঠে এবং সিলিকাতে পরিণত হয়, নিয়তাকার সিলিকনের তাহা হয় না।

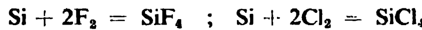
সিলিকন অবশ্যই একটি অধাতব মৌল। উহার অক্সাইড, সিলিকা, অম্লজাতীয়।

খুব উত্তপ্ত সিলিকনের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়;



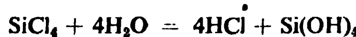
$$Si + 2H_2O = SiO_2 + 2H_2$$

সাধারণ উষ্ণতায় ফ্লুরিনে এবং 300°C-এ ক্লোরিনে সিলিকন জ্বলিয়া ওঠে এবং হ্যালাইড উৎপন্ন হয়:



$$Si + 2F_2 = SiF_4 \quad ; \quad Si + 2Cl_2 = SiCl_4$$

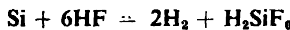
এই সকল হ্যালাইড জলের সংস্পর্শেই আদ্র-বিশ্লেষিত হয়:



$$SiCl_4 + 4H_2O = 4HCl + Si(OH)_4$$

অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড

কোনও একটি অ্যাসিডে সিলিকন দ্রব হয় না, কিন্তু নাইট্রিক ও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড-মিশ্রণে, উহা আক্রান্ত হয়।



$$Si + 6HF = 2H_2 + H_2SiF_6$$

হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড

কস্টিক ক্ষার বা সোডার সঙ্গে উচ্চতাপে উহা সিলিকেটে পরিণত হয়।



$$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2$$



$$Si + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + C$$

উচ্চতাপে কোন কোন ধাতুর সঙ্গে উহা মিলিত হইয়া সিলিসাইড যৌগ দেয়; যেমন, বাতাসের অনুপস্থিতিতে দুই ভাগ বিচূর্ণ ম্যাগনেসিয়াম এবং একভাগ সিলিকন গলাইয়া $Mg_2Si$ পাওয়া যায়।



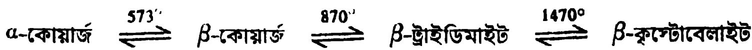
$$2Mg + Si = Mg_2Si$$

ব্যবহার। বিভিন্ন সংকরধাতু প্রস্তুতিতে সিলিকন ব্যবহার করা হয়, যেমন আয়রণ্যাক (ironac), ট্যানট্রিরণ (tantiron), ডুরাইরণ (Duriron) ইত্যাদি। স্টীলের সঙ্গে মিশাইয়া এই সকল সংকর তৈয়ারী হয়। ইহারা অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয় না।

কোন কোন ব্রোঞ্জেও সিলিকন মিশান হয়; যেমন, ম্যাঙ্গানিজ-ব্রোঞ্জ, সিলিকন-ব্রোঞ্জ। ফেরো-সিলিকন স্টীল, কপার ইত্যাদির প্রস্তুতিকালে অক্সিজেন-দূরীকরণের জন্য ব্যবহার করা হয়। ট্রানসিস্টারের সেমিকণ্ডাকটারের জন্যও সিলিকন লাগে।

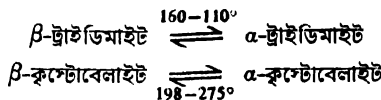
**১৭-৩৮। সিলিকা, $SiO_2$।** প্রকৃতিতে নিয়তাকার এবং অনিয়তাকার দুই রকমের সিলিকা দেখা যায়। নিয়তাকার সিলিকার প্রধানতঃ তিনটি রূপভেদ হয়: কোয়ার্জ (quartz), ট্রাইডিমাইট (tridymite) এবং ক্রিস্টোবেলাইট (cristobalite)।

সচরাচর $\alpha$-কোয়ার্জ রূপেই সিলিকা থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে অন্যান্য রূপভেদের অস্তিত্ব পাওয়া যায়। যেমন,



$\alpha$-কোয়ার্জ $\xrightleftharpoons{573^\circ}$ $\beta$-কোয়ার্জ $\xrightleftharpoons{870^\circ}$ $\beta$-ট্রাইডিমাইট $\xrightleftharpoons{1470^\circ}$ $\beta$-ক্রিস্টোবেলাইট

ক্রিস্টোবেলাইটকে যদি 1710°C-এ উত্তপ্ত করা যায় তবে তরল সিলিকা পাওয়া যায়। আবার $\beta$-ট্রাইডিমাইট এবং $\beta$-ক্রিস্টোবেলাইটকে যদি হঠাৎ ঠাণ্ডা করা হয় তবে উহাদেরও অস্থায়ী আল্‌ফা রূপভেদ পাওয়া সম্ভব:



$\beta$-ট্রাইডিমাইট $\xrightleftharpoons{160-110^\circ}$ $\alpha$-ট্রাইডিমাইট

$\beta$-ক্রিস্টোবেলাইট $\xrightleftharpoons[198-275^\circ]{}$ $\alpha$-ক্রিস্টোবেলাইট

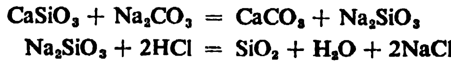
সাধারণ বালুও কোয়ার্জ, জল-বাতাসের আক্রমণে এবং ঘর্ষণের ফলে উহা ক্ষুদ্র কণাকারে পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ সিলিকা সাদা বা বর্ণহীন হয়। কিন্তু সামান্য আবর্জনা, যথা আয়রণ-অক্সাইড, মিশ্রিত থাকার জন্য উহার রঙ প্রায়ই বাদামী বা ধূসর দেখায়।

কখনও কখনও অতি স্বচ্ছ সুন্দর বর্ণহীন স্ফটিকাকারে সিলিকা পাওয়া যায়, উহাকে বলা হয় 'স্ফটিক-পাথর' বা Rock crystal। ইহা প্রায় হীরকের মত শক্ত। সময় সময় স্বচ্ছ কোয়ার্জের মধ্যে স্বল্প-পরিমাণ অন্যান্য ধাতব-অক্সাইড দ্রবিত থাকার জন্য পাথরগুলি চমৎকার বর্ণ ধারণ করে। পাথরগুলিকে বহুতল করিয়া কাটিয়া পালিশ করিলে উজ্জ্বল হইয়া ওঠে এবং মূল্যবান রত্ন বা মণি হিসাবে আদৃত হয়। পদ্মরাগ-মণি (Amethyst) ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড মিশ্রিত কোয়ার্জ; বৈদূর্যমণি (cat's eye) একটু অ্যাস্‌বেসটস মিশ্রিত কোয়ার্জ।

অনিয়তাকার অবস্থায় যে সকল সিলিকা থাকে, তাহার মধ্যে ফ্লিন্ট, আকিক বা অ্যাগেট (agate) এবং ওপ্যাল বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ওপ্যালও মণি হিসাবে মূল্যবান। প্রস্তরযুগে খুব শক্ত বলিয়া বর্শার ধারাল ফলকে অ্যাগেট ব্যবহৃত হইত। কোন কোন উদ্ভিদ বা প্রাণীদেহেও সিলিকা দেখা যায়। বাঁশের ভিতর সিলিকা আছে, আছে অনেক পাখীর পালকেও। ডাই-অ্যাটম জাতীয় ক্ষুদ্র উদ্ভিদের ভিতর হইতে মাটির মত 'কাই-জেলগুড়' (Keiselguhr) নামক যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহার অধিকাংশই সিলিকা।

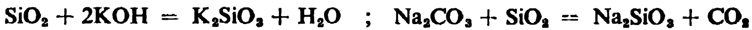
ল্যাবরেটরীতে বিশুদ্ধ সিলিকা প্রস্তুত করিতে হইলে প্রকৃতিজাত কোন সিলিকেট লইয়া অতিরিক্ত সোডিয়াম কার্বনেটসহ গলান হয়। উহাতে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়।

জলের সঙ্গে ফুটাইলে সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবিত হয় এবং উহাকে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। এই দ্রবণে গাঢ় HCl মিশাইয়া ফুটাইলে সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$CaSiO_3 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SiO_3$$
$$Na_2SiO_3 + 2HCl = SiO_2 + H_2O + 2NaCl$$

সিলিকা অম্লজাতীয় অক্সাইড। যদিও জলে অদ্রবণীয়, কস্টিক ক্ষার বা সোডার সঙ্গে গলাইলে উহা সিলিকেট লবণে পরিণত হয়।



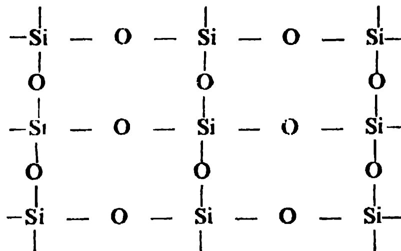
$$SiO_2 + 2KOH = K_2SiO_3 + H_2O \quad ; \quad Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

কোন অ্যাসিডদ্বারা সিলিকা আক্রান্ত হয় না। কেবলমাত্র HF-এর সঙ্গে উহা বিক্রিয়া করিয়া উহা সিলিকন ফ্লুরাইডে পরিণত হয়।



$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

*সিলিকার অণুগুলি একক থাকে না, পরস্পরের সহিত সংহত হইয়া বিশাল-অণুতে পরিণত হয় (চিত্র ১৭-ড)।*




চিত্র ১৭-ড। সিলিকা

**ব্যবহার।** (১) কোয়ার্জের ভিতর দিয়া অতিবেগুনী রশ্মিগুলি অতিক্রম করিতে পারে, এই জন্য অনেক যন্ত্রের লেন্স কোয়ার্জ হইতে প্রস্তুত হয়।

(২) ধাতু-নিষ্কাশন চুল্লীর আভ্যন্তরীণ আবরণে সিলিকা ব্যবহার করা হয়। অগ্নিসহ ইষ্টক-প্রস্তুতিতেও সিলিকা ব্যবহার হয়।

(৩) কাচ, সিমেন্ট, পর্সেলীন প্রভৃতির প্রস্তুতিতে সিলিকা অন্যতম উপাদান। দালান গাঁথিবার মশল্লাতে সিলিকা প্রয়োজন।

(৪) শক্ত খল, মুচি তৈয়ারী করিতে এবং তুলাদণ্ডে অ্যাগেট ব্যবহার করা হয়। রত্ন হিসাবে কোন কোন বর্ণের কোয়ার্জ মূল্যবান।

(৫) ডিনামাইট জাতীয় বিস্ফোরক সংরক্ষণে কাইজেলগুড় ব্যবহার করা হয়।

**সিলিকা কাচ বা কোয়ার্জ কাচ।** বালু বা কোয়ার্জকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখাতে অথবা বিদ্যুৎচুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে 1710°C-এর উপরে গলিয়া একটি সান্দ্র স্বচ্ছ কাচের মত পদার্থে পরিণত হয়। কাচের মতই উহা নমনীয় এবং উহাকে নানা আকার দেওয়া সম্ভব। ইহাকে বলা হয় সিলিকা-কাচ (ঘনত্ব 2.2)। ইহার কতকগুলি বিশেষ গুণের জন্য নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। এই জাতীয় কাচ সাধারণ উষ্ণতা হইতে 1000°C পর্যন্ত—এই দীর্ঘ উষ্ণতার পার্থক্যে স্থায়ী। ইহার প্রসারাঙ্ক খুব

কম, সেই জন্য খুব উত্তপ্ত অবস্থাতেও হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে উহা ভাঙ্গে না। সাধারণ কাচের ভিতর দিয়া অতিবেগুনী আলো অতিক্রম করে না কিন্তু সিলিকা-কাচের ভিতর দিয়া উহা চলিয়া যায়। এই জন্য অনেক যন্ত্রের লেন্স, প্রিজম ইত্যাদিতে সিলিকা-কাচ ব্যবহার করিতে হয়। পাতলা সিলিকা-কাচের ভিতর দিয়া হিলিয়াম, হাইড্রোজেন প্রভৃতি গ্যাসের যথেষ্ট ব্যাপন হইতে দেখা যায়। সিলিকাকাচ হইতে কোন ক্ষার-উৎপাদন হয় না এবং এই কাচ কোন অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হয় না। ইহাও এক বিশেষ গুণ। অনচ্ছ সিলিকা-কাচ হইতে মুছি, নল ইত্যাদি তৈরী হয়। উহাকে বলা হয় 'ভিট্রিয়োসিল' (vitreosil)।

১৭-৩৯। সিলিসিক অ্যাসিড। সিলিকা অম্লজাতীয় অক্সাইড। কিন্তু জলে অদ্রাব্য। সুতরাং সিলিসিক অ্যাসিড পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত করিতে হয়। সিলিকার সঙ্গে বিভিন্ন পরিমাণ জল-সংহত থাকার ফলে বিভিন্ন সিলিসিক অ্যাসিড হয়; যথা,

(১) অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড, $H_4SiO_4$, (২) মেটাসিলিসিক অ্যাসিড, $H_2SiO_3$
(৩) ডাইসিলিসিক অ্যাসিড, $H_2Si_2O_5$, (৪) ট্রাইসিলিসিক অ্যাসিড, $H_4Si_3O_8$

ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটিই প্রধান।

**অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড।** সিলিকন ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়; $SiCl_4 + 4H_2O = H_4SiO_4 + 4HCl$। এই অ্যাসিড অবশ্য খুব সহজেই একটি জলের অণু পরিত্যাগ করিয়া মেটাসিলিসিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

**মেটাসিলিসিক অ্যাসিড।** গাঢ় সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে মেটাসিলিসিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। উহা ধীরে ধীরে অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Na_2SiO_3 + 2HCl = H_2SiO_3 + 2NaCl$$

অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া লইয়া 90% কোহলে পুনঃপুনঃ ধৌত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়। মেটাসিলিসিক অ্যাসিড সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা একটি অতি মৃদু-অম্ল।

দুইটি সিলিসিক অ্যাসিডেরই জৈবজাতীয় এস্টার পাওয়া যায়; যেমন, $(CH_3)_4SiO_4$, $(C_2H_5)_2SiO_3$ ইত্যাদি। এই সকল এস্টার জলের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

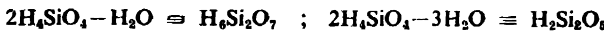
**সিলিসিক অ্যাসিড সল এবং সিলিকা-জেল।** ঠাণ্ডাতে সোডিয়াম সিলিকেটের একটি লঘুদ্রবণ যদি অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশান হয় তবে উৎপন্ন সিলিসিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত না হইয়া প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। ঝিল্লী-বিশ্লেষণে (dialysis) উহাকে HCl এবং NaCl হইতে পৃথক করা যায় বটে কিন্তু তবুও উহা জল হইতে থিতাইয়া যায় না। ইহাকেই 'সিলিসিক অ্যাসিড সল' বলে, কারণ ইহাতে সিলিসিক অ্যাসিড কলয়ডীয় অবস্থায় থাকে।

যদি 100°C-এর অধিক উষ্ণতায় গাঢ় সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশান হয় এবং আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করা হয়। তাহা হইলে একটি আঠাল জেলির মত প্রায় কঠিনাকার পদার্থের সৃষ্টি হয়। ইহাকে বলা হয় 'সিলিকা-জেল' ($SiO_2$, $xH_2O$)

ইহাতে প্রায় 14% সিলিকা থাকে। এই জেলকে বাতাসে রাখিয়া শুষ্ক করিলে, উহাতে জলের পরিমাণ দাঁড়ায় মোটামুটি 16%। উত্তপ্ত করিলে 100°C-এ 13%, 300°C-এ 4% জল থাকে।

অত্যন্ত জলাকর্ষী বলিয়া সিলিকা-জেল গ্যাসের নিরুদনে খুব ব্যবহৃত হয়। সিলিকা-জেলের অধিশোষণ ক্ষমতাও উল্লেখযোগ্য। সেই জন্য কোন কোন ক্ষেত্রে তেল ইত্যাদির পরিষ্করণের কাজে ব্যবহার করা হয়। অনুঘটক হিসাবেও সিলিকা-জেল প্রয়োগ করা হইয়া থাকে।

**সিলিকেট লবণ।** সিলিসিক অ্যাসিডের লবণসমূহকে বলা হয় সিলিকেট। উহাদের বিভিন্ন উপায়ে পাওয়া যায়। অর্থোসিলিসিক অ্যাসিডের নিরুদিত বিভিন্ন অবস্থা বা সিলিকন ডাই-অক্সাইডের জল-সংহত বিভিন্ন অবস্থা হইতে যে বিভিন্ন অ্যাসিডগুলি পাওয়া সম্ভব তাহাদের জানা না গেলেও উহাদের লবণগুলি জানা রহিয়াছে। এইরূপে প্রকল্পিত অ্যাসিডগুলি হইবে।



$$2H_4SiO_4 - H_2O = H_6Si_2O_7 \quad ; \quad 2H_4SiO_4 - 3H_2O = H_2Si_2O_5$$



$$3H_4SiO_4 - 4H_2O = H_4Si_3O_8 \text{ ইত্যাদি।}$$



$$\text{আবার } SiO_2.2H_2O = H_4SiO_4 \quad ; \quad SiO_2.H_2O = H_2SiO_3$$



$$2SiO_2.2H_2O = H_4Si_2O_6 \quad ; \quad 2SiO_2.H_2O = H_2Si_2O_5 \text{ ইত্যাদি।}$$

অধিকাংশ পাথরেই সিলিকেট বর্তমান এবং প্রায়ই ডাই বা ট্রাইসিলিসিক অ্যাসিডের লবণ। কয়েকটি খুব সাধারণ সিলিকেটের নাম দেওয়া হইল।

১। ফেল্‌ডস্পার (Feldspar), $KAlSi_3O_8$, পর্সেলীন ও মৃৎশিল্পে প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

২। কেওলিন (Kaolin), $H_2Al_2(SiO_4)_2, H_2O$, ইহাও মৃৎশিল্পে প্রয়োজন। কাগজ-শিল্পে, কৃত্রিমনীল প্রস্তুতিতেও ব্যবহার করা হয়।

৩। টাল্‌ক (Talc), $H_2Mg_3(SiO_3)_4$, প্রসাধন-পাউডারের তৈয়ারীতে প্রয়োজন।

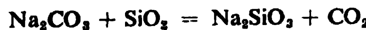
৪। অ্যাসবেসটোস (Asbestos) $Mg_3Ca(SiO_3)_4$, তাপ-অন্তরক হিসাবে ব্যবহার হয়।

৫। মাইকা, $KHMg_2Al_2(SiO_4)_3$, তড়িৎ-অন্তরকরূপে অতি মূল্যবান।

৬। গার্নেট (Garnet), $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$, শিরিষ-কাগজ তৈয়ারীতে প্রয়োজন।

ইহা ছাড়া অ্যালুমিনো-সিলিকেট ত কাদা, মাটি, নানা পাথরে প্রায় সর্বব্যাপী।

**সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম সিলিকেট বা 'ওয়াটার গ্লাস'।** পরিষ্কার বালু সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে একত্র গলাইয়া সোডিয়াম সিলিকেট তৈয়ারী করা হয়। বিগলিত পদার্থ জলে দিলে উহা দ্রবীভূত হয়। অপরিবর্তিত বালু ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎ হইতে সোডিয়াম সিলিকেট উদ্ধার করা হয়। পটাসিয়াম সিলিকেটও একই উপায়ে তৈয়ারী হয়।



$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

এই দুইটি সিলিকেট জলে দ্রবণীয়, অন্যান্য সব সিলিকেট জলে অদ্রাব্য। ইহাদের দ্রবণ খানিকটা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়, সেই জন্য উহাদের দ্রবণ ক্ষার-জাতীয়;



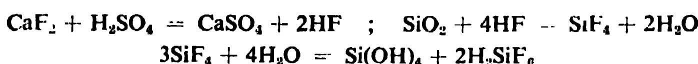
$$Na_2SiO_3 + 2H_2O = H_2SiO_3 + 2NaOH$$

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সিলিকেটের জলীয় দ্রবণ উন্মুক্ত পাত্রে রাখিয়া দিলে উহার জল উবিয়া যায় এবং কাচের মত স্বচ্ছ অথচ কঠিন সিলিকেটের একটি স্তর পাত্রের

উপর পড়িয়া থাকে। এইজন্য ইহাদের দ্রব-কাচ বা 'ওয়াটার-গ্লাস' বলে। এই স্বচ্ছ দ্রবকাচ বায়ু-রোধক এবং তাপ-অন্তরক।

দ্রব-কাচ নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। ডিমের উপর সোডিয়াম সিলিকেটের আবরণ দিয়া উহাকে দীর্ঘকাল অবিকৃত রাখা যায়। বাহিরের জলবায়ুর আক্রমণ হইতে রক্ষা করার জন্য মূল্যবান তৈলচিত্র বা ফ্রেস্কোর উপরে দ্রবকাচের প্রলেপ দেওয়া হয়। অগ্নি হইতে রক্ষা করার জন্য মূল্যবান দাহ্যবস্তুর উপর দ্রবকাচের আবরণ দেওয়া হয়। কৃত্রিম পাথর-প্রস্তুতিতে, সাবানের পরিপূরকরূপে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম সিলিকেট ব্যবহার হয়।

**সিলিকেটের পরীক্ষা।** (১) একটি সীসার খর্পরে সিলিকেট বা সিলিকা, $CaF_2$ এবং গাঢ় $H_2SO_4$ একত্র উত্তপ্ত করিলে $SiF_4$ উৎপন্ন হয়। খর্পরের উপরে এক ফোঁটা জল প্লাটিনাম তারের মাথায় ধরিলে, উহা $SiF_4$ বাষ্পের সংস্পর্শে আসিয়া কঠিন অনচ্ছ সিলিসিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF \quad ; \quad SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$
$$3SiF_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 2H_2SiF_6$$

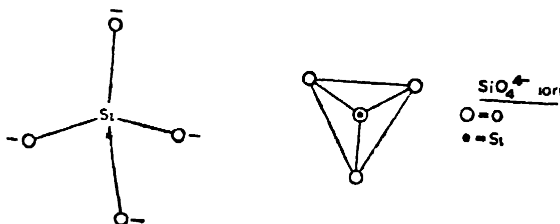
(২) সিলিকা বা সিলিকেট লবণকে কস্টিক সোডার সঙ্গে বিগলিত করিয়া প্রথমে সোডিয়াম সিলিকেটে পরিণত করা হয়। সোডিয়াম সিলিকেটের দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া উহাতে HCl দিলে শিরিষের মত আঠাল সিলিকা-জেল পাওয়া যায়। সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। উহা অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ায় দ্রাব্য।



$$Na_2SiO_3 + 2AgNO_3 = Ag_2SiO_3 + 2NaNO_3$$

**সিলিকেট লবণের সংরচনা।** সিলিকেট লবণের অণুর গঠন-বিন্যাস অত্যন্ত জটিল। দেখা যায়, প্রায়ই একাধিক সিলিকেট আয়ন নানা ভাবে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হইয়া বিভিন্ন আকারে উপস্থিত হয়।

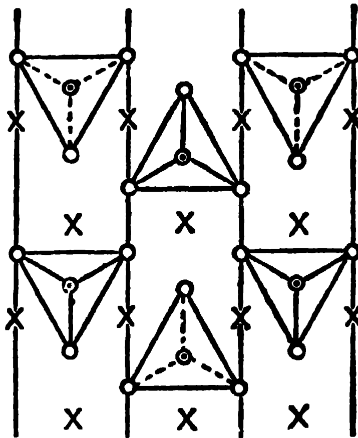
অর্থোসিলিকেটে সর্বদাই $SiO_4^{4-}$ আয়ন থাকে। সিলিকনের পরমাণুর ব্যাসার্ধ অক্সিজেনের তুলনায় অনেক ছোট। একটি সিলিকনের চারিদিকে টেট্রাহেড্রাল আকারে চারিটি অক্সিজেন (কার্বনের বেলায় মিথেনের অনুরূপ) থাকে (চিত্র-ক)।



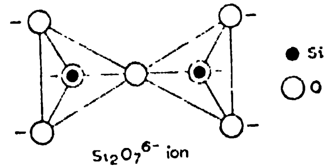

চিত্র-ক। $SiO_4^{4-}$ অ্যানায়ন

সিলিকেট অ্যানায়নকে ত্রিভুজাকৃতিতে দেখান হইল, তিন কোনে তিনটি অক্সিজেন, টেট্রাহেড্রনের মধ্যস্থলে সিলিকন এবং সেই সরলরেখাতে রহিয়াছে অপর একটি অক্সিজেন। কেলাসে এই সিলিকেট আয়নগুলি সমান্তরাল অবস্থায় সজ্জিত থাকে এবং উহাদের আন্তর-

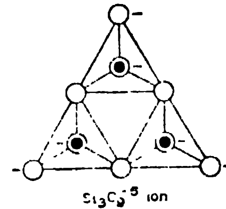
অবকাশে ধাতব আয়ন স্থান গ্রহণ করে। উদাহরণস্বরূপ forsterite বা $Mg_2SiO_4$-এর গঠন চিত্র-খ-তে দেখান হইল (এই অবস্থায় এক একটি $Mg^{2+}$ ছয়টি অক্সিজেন দ্বারা পরিবেষ্টিত)।



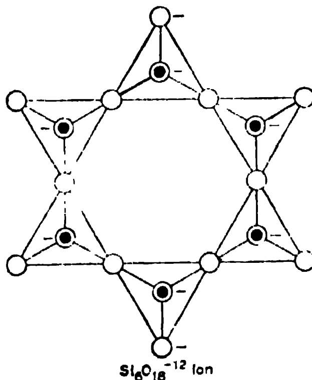
-খ। $Mg_2SiO_4$-এর সংরচনা। ⊗ = $Mg^{++}$



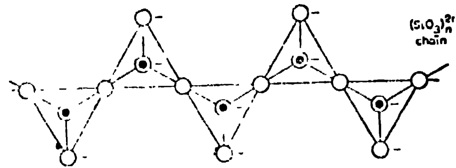

চিত্র-গ। $Si_2O_7$ অ্যানায়ন



চিত্র-ঘ। $(Si_3O_9)^{6-}$ বৃত্তাকার সিলিকেট




চিত্র-ঙ। $(Si_6O_{18})^{12-}$ বৃত্তাকার সিলিকেট



চিত্র-চ। $(SiO_3)_n^{2n-}$ চেইন।

আবার দুইটি $SiO_4^{4-}$ একটি অক্সিজেনের দ্বারা সংযুক্ত হইয়া পাইরোসিলিকেট, $(Si_2O_7)^{-6}$ আয়ন সৃষ্টি করে (চিত্র-গ)।

কিন্তু যদি সিলিকেট টেট্রাহেড্রন আয়নের দুইটি অক্সিজেনদ্বারা অপর সিলিকেটে আয়নসমূহের সঙ্গে বিধৃত থাকে তাহা হইলে $(SiO_3)_n^{2n-}$ এই সাধারণ সংকেতযুক্ত বিভিন্ন বৃত্তাকার সিলিকেট আয়ন তৈয়ারী হয়। যেমন, $(Si_3O_9)^{6-}$, $(Si_6O_{18})^{12-}$ ইত্যাদি (চিত্র-ঘ, ঙ)। একই সাধারণ সংকেতযুক্ত সিলিকেটসমূহ চেইন (সারবন্দী) গঠনযুক্তও হইতে পারে (চিত্র-চ)।

এই সকল বিশাল আয়নের অভ্যন্তরের অবকাশে ক্যাটায়নগুলি বিধৃত হইয়া থাকে।

**১৭-৪০। সিলিকন হ্যালাইড।** সিলিকন এবং কার্বনের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে। উভয়েই একই রকমের যৌগ গঠন করে। কার্বনের যেরকম নানা হ্যালাইড আছে, সিলিকনেরও সেইরূপ একাধিক হ্যালাইড আছে। ঐসব যৌগে কার্বনের মত সিলিকন চতুর্যোজী এবং পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হইয়া সারবন্দী (chain) হইয়া থাকে। সিলিকনের কয়েকটি হ্যালাইড :

| | | |
|---|---|---|
| $SiF_4$ | $Si_2F_6$ | $Si_3Br_{10}$ |
| $SiCl_4$ | $Si_2Cl_6$ | $Si_6Cl_{12}$ |
| $SiBr_4$ | $Si_3Cl_8$ | $SiHCl_3$ |
| $SiI_4$ | $Si_4Cl_{10}$ | |

**সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড, $SiF_4$।** এই বর্ণহীন গ্যাসটি সিলিকার সঙ্গে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে তৈয়ারী হয়।



$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

ল্যাবরেটরীতে HF-এর পরিবর্তে ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড এবং গাঢ় $H_2SO_4$ সিলিকার সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড প্রস্তুত করা সহজ। উৎপন্ন গ্যাসকে বিশুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুরাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উহার HF সরাইয়া নেওয়া হয়।



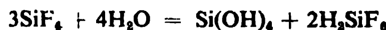
$$2CaF_2 + 2H_2SO_4 + SiO_2 = 2CaSO_4 + SiF_4 + 2H_2O$$

বেরিয়াম ফ্লুয়োসিলিকেটের তাপ-বিভাজনেও উহা পাওয়া যায় :



$$BaSiF_6 = BaF_2 + SiF_4$$

খুব সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষণ হওয়ার জন্য ভিজা বাতাসে এই গ্যাস স্বতঃধূমায়িত হইতে থাকে।



$$3SiF_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 2H_2SiF_6$$

গ্যাসটি দাহ্য নয়, দহনও সমর্থন করে না ; কিন্তু জ্বলন্ত পটাসিয়াম বা সোডিয়াম উহাতে জ্বলিতে থাকে :



$$2SiF_4 + 4K = K_2SiF_6 + Si + 2KF$$

উত্তপ্ত চুনের সঙ্গে উহা বিক্রিয়া করে ;



$$2CaO + SiF_4 = 2CaF_2 + SiO_2$$

রাসায়নিক বিশ্লেষণে ও হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড, $SiCl_4$।** বিচূর্ণ উত্তপ্ত সিলিকনের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অথবা, সিলিকা এবং বিচূর্ণ কোকের উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করিলেও উহা পাওয়া যায়।



$$Si + 2Cl_2 = SiCl_4; \qquad SiO_2 + 2C + 2Cl_2 = SiCl_4 + 2CO$$

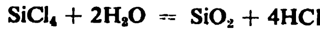
উত্তপ্ত সিলিকার উপর দিয়া সালফার ক্লোরাইড এবং ক্লোরিনের মিশ্রিত গ্যাস প্রবাহিত করিয়াও সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড তৈয়ারী করা যায়। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি হিম-

মিশ্রাবৃত নলে লইয়া ঘনীভূত করা হয়। পরে ঐ তরলকে মারকারির সঙ্গে পাতিত করিয়া ক্লোরিনমুক্ত সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড সংগ্রহ করা হয়।



$$2SiO_2 + S_2Cl_2 + 3Cl_2 = 2SiCl_4 + 2SO_2$$

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড সাধারণ অবস্থায় একটি তরল। উহাকে আবদ্ধ নলের মধ্যে রাখা হয়। কারণ জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া পড়ে :



$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

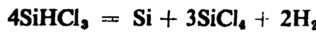
ধূম্র-জাল সৃষ্টি করিতে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে $SiCl_4$ ব্যবহার করা হয়।

**সিলিকো-ক্লোরোফর্ম,** $SiHCl_3$। কার্বনের যৌগ ক্লোরোফর্মের $(CHCl_3)$ অনুরূপ সিলিকনের এই যৌগটি। উত্তপ্ত সিলিকনের উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস পরিচালনা করিয়া সিলিকন-ক্লোরোফর্ম তৈয়ারী হয়। উৎপন্ন বাষ্পকে ঘনীভূত করিলে বর্ণহীন তরলরূপে ইহা পাওয়া যায়। ইহার সঙ্গে কিছু সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড থাকে। আংশিক পাতনদ্বারা উহা পৃথক করা হয়।



$$Si + 3HCl = H_2 + SiHCl_3$$

এই তরল পদার্থটি [ ঘনত্ব, 1.34, স্ফুটনাঙ্ক, 35°C ] দাহ্য বস্তু,—সবুজ শিখাসহ জ্বলে। 800°C-এ পদার্থটির বাষ্প বিভাজিত হইয়া যায় :



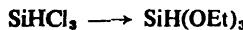
$$4SiHCl_3 = Si + 3SiCl_4 + 2H_2$$

ক্লোরোফর্মের তুলনায় ইহার স্থায়িত্ব কম কিন্তু রাসায়নিক সক্রিয়তা অধিকতর। বরফ জলের সঙ্গে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে অর্থোসিলিকোফর্মিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। পরে জল পরিত্যাগ করিয়া উহা সিলিকোফর্মিক অ্যানহাইড্রাইডে পরিণত হয়।



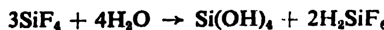
$$SiHCl_3 \xrightarrow{H_2O} SiH(OH)_3 \xrightarrow{-H_2O} H_2Si_2O_3$$

সিলিকো-ক্লোরোফর্ম কোহলের সঙ্গে অর্থোসিলিকোফর্মেট এস্টার উৎপাদন করে ;



$$SiHCl_3 \longrightarrow SiH(OEt)_3$$

**হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড,** $H_2SiF_6$। পূর্বেই দেখান হইয়াছে, সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

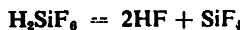


$$3SiF_4 + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 2H_2SiF_6$$

সিলিকাকে HF-এর জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত করিলেও হাইড্রোফ্লুয়ো-সিলিসিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। উত্তাপ-প্রয়োগে এই যৌগটি ভাঙ্গিয়া যায়,



$$SiO_2 + 6HF = H_2SiF_6 + 2H_2O$$



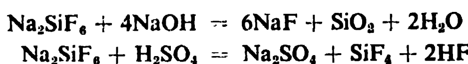
$$H_2SiF_6 = 2HF + SiF_4$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের মত, ইহা একটি তীব্র অ্যাসিড এবং দ্রবণে $SiF_6^{2-}$ আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে। বিভিন্ন ক্ষারকের সঙ্গে ফ্লুয়োসিলিকেট লবণ উৎপাদন করে।



$$H_2SiF_6 \rightleftharpoons 2H^+ + SiF_6^{--} \quad ; \quad H_2SiF_6 + 2NaOH = Na_2SiF_6 + 2H_2O$$

ক্ষারধাতুর (K,Na) ফ্লুয়োসিলিকেটগুলির জলে দ্রাব্যতা খুব কম। ফ্লুয়োসিলিকেট লবণ অতিরিক্ত ক্ষারে বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ভাঙ্গিয়া যায়।



$$Na_2SiF_6 + 4NaOH = 6NaF + SiO_2 + 2H_2O$$
$$Na_2SiF_6 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SiF_4 + 2HF$$

কংক্রীট-মেঝের পালিশে $MgSiF_6$ ব্যবহার করা হয়। $Na_2SiF_6$ কীটনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৪১। সিলিকন হাইড্রাইড, সিলেন।** অত বেশী না হইলেও কার্বনের মত সিলিকনেরও একাধিক হাইড্রাইড আছে; যথা, $SiH_4$, $Si_2H_6$, $Si_3H_8$, $Si_6H_{14}$ ইত্যাদি; সাধারণ সংকেত, $Si_nH_{2n+2}$। ইহাদের সাধারণতঃ 'সিলেন' বলা হয়।

(ক) ম্যাগনেসিয়াম সিলিসাইডের ($Mg_2Si$) সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (20%) বিক্রিয়াতে বিভিন্ন সিলেনের মিশ্র-গ্যাস পাওয়া যায়, যদিও সেই মিশ্রণে মনোসিলেন, $SiH_4$ প্রধান।



$$Mg_2Si + 4HCl = 2MgCl_2 + SiH_4$$

উহাতে মোটামুটি $SiH_4$ 30%, $Si_2H_6$ 15%, $Si_3H_8$ 10% ইত্যাদি থাকে। এই প্রস্তুতিকালে কূপীর বাতাস হাইড্রোজেনদ্বারা দূর করিয়া লওয়া হয়, কারণ সিলেনগুলি বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই জ্বলিয়া ওঠে। খুব ঠাণ্ডা করিয়া সিলেনগুলিকে তরলিত করা হয়। তারপর উহাদের আংশিক পাতনে পৃথক করা হয়।

(খ) মনোসিলেন পাওয়ার একটি প্রকৃষ্ট উপায় তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে ম্যাগনেসিয়াম সিলিসাইড ও অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইডের বিক্রিয়া:



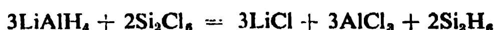
$$Mg_2Si + 4NH_4Br = 2MgBr_2 + SiH_4 + 4NH_3$$

(গ) বিশুদ্ধ মনোসিলেন পাইতে হইলে ইথিরীয় দ্রবণে লিথিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইডের সঙ্গে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের বিক্রিয়া করান হয়।



$$LiAlH_4 + SiCl_4 = LiCl + AlCl_3 + SiH_4$$

এইভাবে ডাইসিলেনও তৈয়ারী করা যায়:



$$3LiAlH_4 + 2Si_2Cl_6 = 3LiCl + 3AlCl_3 + 2Si_2H_6$$

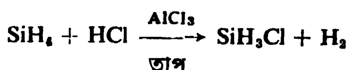
(ঘ) *ইথাইল সিলিকোফর্মেট তাপ-বিভাজনে সিলেন উৎপাদন করে:*



$$4SiH(OEt)_3 = SiH_4 + 3Si(OEt)_4$$

তাপ-প্রয়োগে বা অতিবেগুনী রশ্মিতে সিলেনগুলি বিভাজিত হইয়া যায়। বাতাসের সংস্পর্শে এই হাইড্রাইডগুলি জ্বলিয়া ওঠে এবং সিলিকাতে পরিণত হয়। ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সংস্পর্শে আসিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং $SiH_3Br$, $SiH_2Br_2$ জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয়।

সিলেনগুলি অ্যালুমিনিয়াম হ্যালাইডের উপস্থিতিতে তাপ-প্রয়োগে হ্যালোজেন অ্যাসিড-গুলির সহিত বিক্রিয়া করে। এইভাবে মনোসিলেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সিলাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

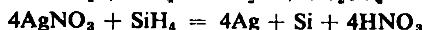


$$SiH_4 + HCl \xrightarrow[\text{তাপ}]{AlCl_3} SiH_3Cl + H_2$$

সিলেনগুলির তীব্র বিজারণক্ষমতা আছে। কপার সালফেট, সিলভার নাইট্রেট প্রভৃতিকে বিজারিত করে। পারমাঙ্গানেট দ্রবণ, মারকিউরিক লবণ ইত্যাদিও বিজারিত হয়।



$$2CuSO_4 + SiH_4 = Cu_2Si + 2H_2SO_4$$



$$4AgNO_3 + SiH_4 = 4Ag + Si + 4HNO_3$$

ক্ষারকদ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়াতে সিলেন হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় এবং Si—Si ভাঙ্গিয়া যায়।



$$SiH_4 + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 4H_2$$



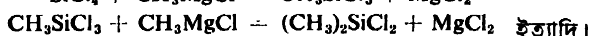
$$Si_2H_6 + 4NaOH + 2H_2O = 2Na_2SiO_3 + 7H_2$$

**১৭-৪২। সিলিকোন (Silicones)।** সিলিকন-অক্সিজেন-সিলিকন অর্থাৎ, —Si—O—Si— এইরূপ যোজকসমন্বিত সিলিকনের জৈবজাতীয় যৌগকে বলা হয় 'সিলিকোন'। সিলিকোন প্রস্তুতির আদি উৎস অ্যালকিল (বা অ্যারাইল) ক্লোরোসিলেন ; যেমন, $RSiCl_3$। ইহাদেরই আদ্র'-বিশ্লেষণে সিলিকোনের উৎপত্তি।

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের সঙ্গে গ্রিগনার্ড বিক্রিয়কের ক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন অ্যালকিল-ক্লোরো-সিলেন পাওয়া যায়।



$$SiCl_4 + CH_3MgCl = CH_3SiCl_3 + MgCl_2$$

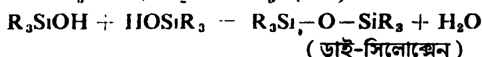


$$CH_3SiCl_3 + CH_3MgCl = (CH_3)_2SiCl_2 + MgCl_2$$ ইত্যাদি।

এইরূপ ক্লোরো-সিলেনের আদ্র'-বিশ্লেষণে হাইড্রক্সি-যৌগ হয় এবং তারপর দুইটি অণু হইতে জলের অণু নিষ্ক্রান্ত হইলে সিলিকোন উৎপন্ন হয়। যেমন,



$$R_3SiCl + H_2O \rightarrow R_3Si(OH)$$



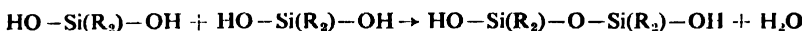
$$R_3SiOH + HOSiR_3 = R_3Si-O-SiR_3 + H_2O$$

(ডাই-সিলোক্সেন)

যদি কোন ডাইক্লোরো-সিলেন লওয়া হয়, তাহা হইলে,

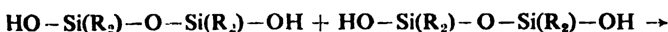


$$R_2SiCl_2 + 2H_2O \rightarrow R_2Si(OH)_2$$

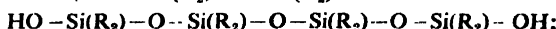


$$HO-Si(R_2)-OH + HO-Si(R_2)-OH \rightarrow HO-Si(R_2)-O-Si(R_2)-OH + H_2O$$

যেহেতু শেষ প্রান্তে মুক্ত OH মূলক রহিয়াছে এই সংযোগ দীর্ঘায়ত হইতে পারে ;



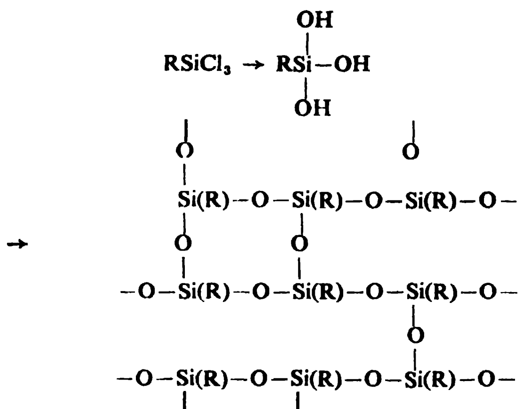
$$HO-Si(R_2)-O-Si(R_2)-OH + HO-Si(R_2)-O-Si(R_2)-OH \rightarrow$$



$$HO-Si(R_2)-O-Si(R_2)-O-Si(R_2)-O-Si(R_2)-OH;$$

এইভাবে দুইটি সিলিকন হইতে আরম্ভ করিয়া শত শত সিলিকন পরমাণু অক্সিজেন মাধ্যমে বিধৃত হইয়া 'পলিমার' বা বহুযৌগ গঠন করে।

কেবলমাত্র সোজাসুজি সারবন্দী বা চেইন যৌগই হয় না, অনেক সময় সিলিকনদ্বয়ের মধ্যে আড়াআড়ি সংযোজনাও ঘটে, যেমন $RSiCl_3$—এইরূপ যৌগের আদ্র'-বিশ্লেষণে আড়াআড়ি যোজকের উৎপত্তি হয়।



সিলিকোনগুলি সাধারণতঃ তেলের মত জলে অদ্রাব্য পদার্থ অথবা রাবারের মত নমনীয় কঠিন পদার্থ। কখন কখনও বেশ শক্ত কঠিন রজনের মতও হয়। উহারা বেশ স্থায়ী-যৌগ, 200°C তাপমাত্রাতেও কোনই পরিবর্তন দেখা যায় না। রাসায়নিক সক্রিয়তাও খুবই কম। বহুযোগী অণুগুলি যতই বড় এবং দীর্ঘ হয় ততই উহাদের স্ফুটনাঙ্ক এবং সান্দ্রতা বাড়ে। 400°C পর্যন্ত বাতাসে উত্তপ্ত করিলে উহাদের খানিকটা জারণ হয় এবং আড়াআড়ি সংযোগ বাড়ে। তখন উহার ভঙ্গুরতা দেখা দেয়। সিলিকার মত Si—O—Si—O—Si বন্ধন থাকাই অণুগুলির স্থায়িত্বের হেতু।

যদিও সিলিকোন প্রস্তুতির ব্যয় যথেষ্ট, তবুও কতকগুলি গুণের জন্য রজন হিসাবে ও অন্যান্য কাজে ইহার সমাদর। সিলিকোন রাবারগুলি —90°C হইতে 250°C পর্যন্ত নমনীয় থাকে। সান্দ্রতার পরিবর্তনও খুব কম হয়। শক্ত সিলিকোনগুলি বেকেলাইটের মত নানা প্রয়োজনে ব্যবহার করা যায়। বিশেষতঃ উহারা তড়িৎ-অন্তরক। জলের দ্বারা উহারা আক্রান্ত হয় না। কোন কোন বিশেষ রং-বার্ণিশে সেই জন্য ব্যবহার হয়।

**১৭-৪৩। কাচ।** কাচ বলিতে সাধারণতঃ একটি কঠিন, স্বচ্ছ অথচ ভঙ্গুর পদার্থকে বোঝায়—অবশ্য অস্বচ্ছ কাচও আছে। বিজ্ঞানসম্মত উপায়ে কাচের সংজ্ঞা নিম্নরূপে দেওয়া যায়—কাচ একটি কঠিন, অতি শীতলীকৃত তরল পদার্থ, যার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই এবং এর (উহার কাঠিন্য বাহ্যিক) সান্দ্রতা এত উচ্চ, যে উহা কেলাসে পরিণত হইতে পারে না। রাসায়নিকভাবে কাচ একটি অনুদ্বায়ী অজৈব অক্সাইড (প্রধানতঃ ক্ষারীয় ও মৃৎক্ষারীয় ধাতুর), বালি ও অন্যান্য প্রয়োজনীয় উপাদানের সংমিশ্রণে তৈরী। কাচ নির্দিষ্ট অবয়বহীন পদার্থ। উহার নির্দিষ্ট রাসায়নিক সংযুতি নাই। তবে রাসায়নিক বিচারে উহার সাধারণ সংকেত দেওয়া যায়; $X_2SiO_3$, $YSiO_3$, $6SiO_2$। এখানে X=Na বা K, এবং Y = Ca বা Pb। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সিলিকেটের জন্য কাচের নমনীয়তা বাড়ে এবং সহজে গালান যায়। ক্যালসিয়াম ও লেডের জন্য উহার কঠোরতা এবং প্রতিসরাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। কখনও সিলিকার খানিকটা $B_2O_3$-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহাতে কাচের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। আবার BaO, MgO, ZnO প্রভৃতিও মাঝে মাঝে বিশেষ বিশেষ গুণ বৃদ্ধি করার জন্য মিশান হয়।

কাচের কতকগুলি বিশেষ গুণের জন্যই উহার বহুল ব্যবহার। উহা স্বচ্ছ এবং উহার নানা রঙ হওয়া সম্ভব। যথেষ্ট অগ্নিসহ বলিয়া ল্যাবরেটরীতে সর্বদা ব্যবহার করা যায়। নমনীয়তার জন্য সহজে গালাইয়া বিভিন্ন আকৃতিতে ঢালাই করা চলে। অ্যাসিড বা অন্যান্য রাসায়নিকদ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না, সেই জন্য নানা রকম পাত্র ও বোতল প্রস্তুত করা হয়।

নানা রকম কাচ প্রস্তুত করা হয়। উহাদের মধ্যে প্রধান কয়েকটি :

(১) **নরম কাচ** (soft-glass) : ইহাতে সিলিকার সঙ্গে সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট থাকে। ইহা সহজে গলে এবং বেশ নমনীয়। সাধারণ পাত্র, বোতল, সাসি, কাচ-নল প্রভৃতি নরম কাচ হইতে তৈয়ারী হয়।

(২) **শক্ত কাচ বা বোহেমিয়ান কাচ** (hard glass or Bohemian glass) : ইহাতে সিলিকার সঙ্গে পটাসিয়াম-ক্যালসিয়াম সিলিকেট থাকে। ইহা অপেক্ষাকৃত শক্ত, এবং বেশী উষ্ণতায় তাপিত করা চলে। সেই জন্য ল্যাবরেটরীর ভাল বীকার, টেস্টটিউব ইত্যাদি এই কাচের তৈয়ারী।

(৩) **ফ্লিন্ট কাচ** (flint glass) : ইহাতে ক্যালসিয়াম সিলিকেটের স্থলে লেড সিলিকেট ব্যবহার করা হয়। এই কাচ খুব শক্ত নয়। কিন্তু বেশ উজ্জ্বল, প্রতিসরাঙ্ক যথেষ্ট বেশী এবং এই কাচ বেশ ভারী। আলোকবিজ্ঞানের নানা যন্ত্রে ইহা ব্যবহার করা হয়। সৌন্দর্যের জন্য যে 'কাট গ্লাস' (cut glass) ব্যবহার হয় তাহা ফ্লিন্ট কাচ।

লেন্স, প্রিজম ইত্যাদির জন্য যে কাচ ব্যবহার করা হয়, তাহাতে বোরণঅক্সাইড ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড খানিকটা সিলিকার পরিবর্তে দেওয়া হয় এবং লেড অক্সাইডের বদলে কিছু বেরিয়াম অক্সাইড থাকে। প্রসিদ্ধ পাইরেক্স কাচে (Pyrex glass) বোরণ অক্সাইড এবং অতিরিক্ত সিলিকা থাকে। ইহা অধিকতর তাপসহ এবং চাপ-বৃদ্ধিতে সহজে ভাঙে না। জেনা কাচে (Jena glass) কিছু $Al_2O_3$, $B_2O_3$, $ZnO$, $BaO$ দেওয়া হয়। পাইরেক্স ও জেনা কাচ অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না এবং উহাদের তৈয়ারী বীকার, ফ্লাস্ক ইত্যাদি ল্যাবরেটরীর কাজের পক্ষে খুব উপযোগী।

বিভিন্ন বর্ণের কাচ তৈয়ারী করিতে হইলে উপযুক্ত ধাতব অক্সাইড বা অন্যান্য পদার্থ স্বল্প পরিমাণে গলিত কাচে মিশাইয়া লওয়া হয়।. বিভিন্ন রংয়ের জন্য নিম্নোক্ত পদার্থ-গুলি সাধারণতঃ মিশান হয়।

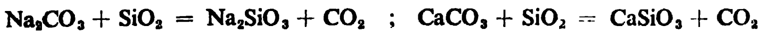
| রং | মিশ্রিত পদার্থ | রং | মিশ্রিত পদার্থ |
|---|---|---|---|
| সবুজ | $Cr_2O_3$, $Fe\ O_3$ | বেগুনী | $MnO_2$ |
| নীল | $CoO$, $CuO$ | কাল | $NiO$ |
| হলুদ | $U_3O_8$, $Se$, $CdS$ | লাল | $Au$, $Cu_2O$ |

অনচ্ছ কাচ তৈয়ারী করার জন্য প্রায়ই $SnO_2$, $TiO_2$, $CaF_2$, কিংবা $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি মিশাইতে হয়।

**প্রস্তুতি।** কাচ-প্রস্তুতিতে বালু ছাড়াও কাঁচামাল আরও প্রয়োজন। সাধারণ বালু বা কোয়ার্জ সিলিকার জন্য লওয়া হয়। সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জন্য উহাদের কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। ক্যালসিয়ামের জন্য চুনাপাথর বা খড়িমাটি এবং লেডের জন্য লিথার্জ (PbO) বা সীসশ্বেত (white lead) প্রয়োজন। ইহা ছাড়া ঐসকল উপাদান সহজে গলানোর জন্য পুরাতন ভাঙ্গা কাচচূর্ণ দেওয়া হয়। ইহাকে বলে 'কিউলেট'

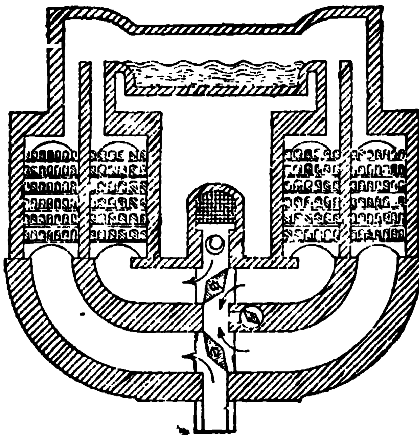
(cullet)। উপাদানগুলি শোধিত হইলেও কিছু কিছু অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকেই এবং বালুর সঙ্গে একটু আয়রণ অক্সাইড থাকে। এই কারণে কাচের অনেক সময় ঈষৎ সবুজ রঙ দেখা যায়। এই আপত্তিকর রঙ দূর করার জন্য বিরঞ্জক হিসাবে $KNO_3$, $MnO_2$ প্রভৃতি জারক-দ্রব্যও মাঝে মাঝে মিশাইতে হয়।

কাচ-প্রস্তুতির উপাদানগুলি যথাসম্ভব পরিষ্কৃত এবং বিচূর্ণ করিয়া প্রয়োজনানুপাতে মিশান হয়। অগ্নিসহ ইঁটের তৈয়ারী আবৃত-চুল্লীতে এই মিশ্রণ গলান হয়। সমস্ত মিশ্রণটি একত্র না গলাইয়া অল্প অল্প করিয়া বিচূর্ণ মিশ্রণ পুরাতন কাচচূর্ণের সঙ্গে চুল্লীতে দেওয়া হয়। উহা গলিয়া গেলে আরও মিশ্রণ উহাতে দেওয়া হয়। কাচচূর্ণ বিগলনে সাহায্য করে। উত্তাপে সিলিকাদ্বারা সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেট বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট স্ব স্ব সিলিকেটে পরিণত হয়। কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বুদ্বুদ



$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2 \quad ; \quad CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2$$

বাহির হইতে থাকে। সমস্ত মিশ্রণ সমভাবে তরল হইলে এবং গ্যাস সম্পূর্ণ নিষ্ক্রান্ত হইয়া গেলে, উহাতে সামান্য বিরঞ্জক দেওয়া হয়, এবং রঙ্গীন কাচ প্রয়োজন হইলে তখন প্রয়োজনীয় ধাতব অক্সাইড ইত্যাদি মিশান হয়। কাচ-প্রস্তুতির চুল্লীগুলি তাপ পুনরুৎপাদন প্রণালীতে প্রডিউসার-গ্যাসের সাহায্যে তাপিত করা হয় (চিত্র ১৭-ঢ)। এক দিকের দুইটি স্তম্ভের ভিতর দিয়া উত্তপ্ত প্রডিউসার-গ্যাস ও বাতাস চুল্লীতে প্রবেশ করে। স্তম্ভগুলির অভ্যন্তর ইষ্টক-সজ্জিত। কার্বন-মনোক্সাইডের প্রজ্জ্বলনের ফলে চুল্লীর অভ্যন্তরে তাপমাত্রা প্রায় 1400°C থাকে। জারিত ও উত্তপ্ত গ্যাস বাহির হওয়ার সময় অপরদিকের অনুরূপ দুইটি স্তম্ভের ইষ্টককে শ্বেততপ্ত করিয়া রাখিয়া যায়। পরে আবার প্রডিউসার-গ্যাস বিপরীত দিক হইতে এই উত্তপ্ত স্তম্ভের মধ্য দিয়া পরিচালিত করা হয়। ইহাতেই গ্যাস উত্তপ্ত হইয়া চুল্লীতে প্রবেশ করে এবং পূর্বের প্রথম স্তম্ভের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়। তখন প্রথম স্তম্ভের ইঁট তপ্ত হইয়া ওঠে। পর পর গ্যাসের প্রবাহের দিক পরিবর্তন করিয়া তাপ-অপচয় নিবারণ করা হয়।



চিত্র ১৭-ঢ। কাচ-প্রস্তুতি

গলিত কাচ এখন অল্প অল্প করিয়া লইয়া ছাঁচে ঢালাই করা হয় অথবা নলের মধ্যে লইয়া ফুঁ দিয়া বিভিন্ন আকৃতিতে গড়া হয়। কাচের পাত্রগুলি হঠাৎ ঠাণ্ডা না করিয়া অতি ধীরে ধীরে শীতল করা হয়; তাহাতে অনেক শক্ত এবং উত্তম কাচ পাওয়া যায়।

হঠাৎ ঠাণ্ডা করিলে কাচের বহির্ভাগ তাড়াতাড়ি শক্ত হইয়া জমিয়া যায়, ফলে অভ্যন্তরের গলিত কাচের উপর খুব চাপ পড়ে। এইরূপ কাচ উষ্ণতার ব্যতিক্রম বা সামান্য চাপপ্রয়োগে ভাঙিয়া যায়। গলিত কাচের উষ্ণতা ধীরে ধীরে কমাইয়া ঠাণ্ডা করিলে উহার ভিতরে কোন অসম চাপ বা টান থাকে না। এই প্রণালীকে বলে 'কাচের কোমলায়ন' (Annealing)।

**১৭-৪৪। বোরণ এবং সিলিকন। কর্ণসম্পর্ক।** পর্যায় সারণীতে বোরণ এবং সিলিকন পর পর দুই শ্রেণীতে কোণাকুণি স্থানে আছে, সুতরাং এই দুইটি মৌলের মধ্যে কর্ণসম্পর্কজাত সাদৃশ্য থাকিবে। এই সাদৃশ্য সহজেই লক্ষ্য করা যায়।

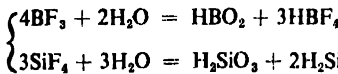
(১) উভয় মৌলই অধাতু, উচ্চগলনাঙ্কবিশিষ্ট তড়িৎ-অন্তরক পদার্থ এবং উভয়েরই অনিয়তাকার এবং নিয়তাকার রূপভেদ আছে।

(২) উভয়েই জলে দ্রব হয় না। গলিত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন দেয়। উভয়েই লঘু অ্যাসিডের দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

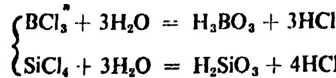
(৩) উভয়ের অক্সাইডই অম্লজাতীয়, জলে অদ্রাব্য এবং ক্ষারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া বোরেট এবং সিলিকেট লবণ উৎপাদন করে। বোরেট এবং সিলিকেট লবণগুলির শিল্পচাহিদা বিস্তর, বিশেষতঃ কাচশিল্প, মৃৎশিল্প, এনামেল ইত্যাদিতে।

(৪) উভয়ের একাধিক হাইড্রাইড আছে। হাইড্রাইডগুলি সমযোজী যৌগ এবং উহাদের মধ্যে যথেষ্ট মিল রহিয়াছে, $B_2H_6$, $Si_2H_6$, $B_4H_{10}$, $Si_4H_{10}$ ইত্যাদি।

(৫) বোরণ এবং সিলিকনের হ্যালাইডগুলিও সমযোজী যৌগ। উভয়ের হ্যালাইডের ধর্মেরও সাদৃশ্য আছে। যেমন, বোরণ ফ্লুরাইড, সিলিকন ফ্লুরাইড দুইটিই বর্ণহীন গ্যাস এবং জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

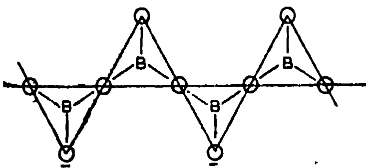


$$\begin{cases} 4BF_3 + 2H_2O = HBO_2 + 3HBF_4 \\ 3SiF_4 + 3H_2O = H_2SiO_3 + 2H_2SiF_6 \end{cases}$$



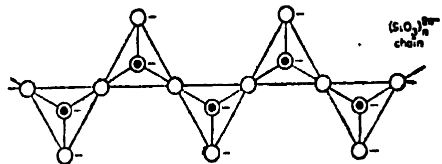
$$\begin{cases} BCl_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HCl \\ SiCl_4 + 3H_2O = H_2SiO_3 + 4HCl \end{cases}$$

(৬) বোরেণ এবং সিলেনে বোরণ এবং সিলিকন পরমাণুর ভিতর সরাসরি সংযোগ বর্তমান, অর্থাৎ চেইন করার ক্ষমতা দেখা যায়। আবার বোরণ অক্সাইড এবং সিলিকাতে অক্সিজেন পরমাণুর মাধ্যমে সংযোগ ঘটে, উহাদের মধ্যে —Si—O—Si—,









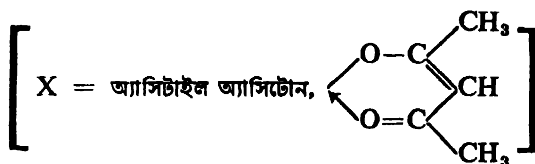



—B—O—B— এরূপ সংযোজনা রহিয়াছে। বোরেট এবং সিলিকেটে ইহা বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। মেটাবোরেট এবং মেটাসিলিকেট আয়নের গঠনের ছবি দেওয়া হইল।

(৭) বোরণ এবং সিলিকন উভয়েরই জটিল ক্যাটায়নিক যৌগ পাওয়া যায়।



$$[SiX_3]^+AuCl_4 \quad ; \quad [BX_2]^+Cl$$





দুইটি মৌলের মধ্যে যে সমস্ত অমিল দেখা যায়, তাহার মধ্যে উহাদের যোজ্যতাই প্রধান, B, 3; Si, 4। বোরণ উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং বোরণ নাইট্রাইড দেয়, সিলিকনের সেই ক্ষমতা নাই।

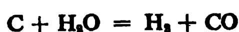
**১৭-৪৫। বোরণ, কার্বন এবং সিলিকন।** পূর্বের অনুচ্ছেদে বোরণ এবং সিলিকনের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে দেখা গেল। আবার, কার্বন এবং সিলিকন একই শ্রেণীর দুইটি আদর্শ মৌল, সুতরাং উহাদের মধ্যে ধর্মের মিল থাকা স্বাভাবিক। অতএব তিনটি মৌলের প্রকৃতি ও ধর্ম অনেকটা একই রকমের, যেমন,

(১) তিনটি মৌলই আদর্শ অধাতু, প্রত্যেকটিরই অনিয়তাকার এবং স্ফটিকাকার রূপভেদ আছে। স্ফটিকাকার কোন কোন রূপভেদে কিছু ধাতব গুণ দেখা যায়, যেমন বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা। অনিয়তাকার রূপভেদগুলি তাপ এবং বিদ্যুৎ-অন্তরক।

(২) তিনটি মৌলেরই গলনাঙ্ক খুব উচ্চ, ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত কম এবং পারমাণবিক আয়তনও ছোট।

| | বোরণ | কার্বন | সিলিকন |
|---|---|---|---|
| পাঃ আয়তন | 4.62 | 3.4 (ডায়মণ্ড) | 11.4 |
| ঘনত্ব | 2.34 | 3.5 ( ,, ) | 2.49 |
| গলনাঙ্ক °C | 2300 | 3500 | 1420 |

(৩) সাধারণ উষ্ণতায় সবগুলিই কঠিন অবস্থায় থাকে এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। উচ্চ উষ্ণতায় স্টীম সিলিকন ও কার্বন দ্বারা বিভাজিত হয়। লঘু অ্যাসিডে কোনটিই দ্রবিত হয় না। সাধারণভাবে তিনটি মৌলেরই রাসায়নিক সক্রিয়তা কম।



$$C + H_2O = H_2 + CO$$



$$Si + 2H_2O = SiO_2 + 2H_2$$

(৪) গাঢ় নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড বোরণকে আক্রমণ করে এবং বোরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। সিলিকন কেবল সালফিউরিক এবং হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড চারকোলকে জারিত করে :



$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O \quad ; \quad B + 3HNO_3 = H_3BO_3 + 3NO_2$$



$$Si + 6HF = H_2SiF_6 + 2H_2$$

(৫) ক্ষারের সঙ্গে, বিশেষতঃ গলিত ক্ষারের সঙ্গে, বোরণ এবং সিলিকন বোরেট এবং সিলিকেট লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। কার্বনের এইরূপ বিক্রিয়া হয় না।



$$2B + 2KOH + 2H_2O = 2KBO_2 + 3H_2; Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2$$

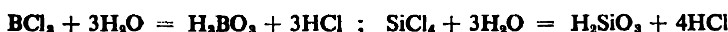
(৬) তিনটি মৌলই উচ্চ উষ্ণতায় অক্সিজেনে তাপিত করিলে জ্বলিয়া ওঠে এবং উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সাইডগুলি অম্লজাতীয় এবং ক্ষারের সঙ্গে মিলিয়া লবণে পরিণত হয়। $SiO_2$ এবং $B_2O_3$ কঠিন, জলে অদ্রবণীয়। $CO_2$ গ্যাসীয় এবং জলীয় দ্রবণে $H_2CO_3$ রূপে থাকে।

কার্বনেট, বোরেট এবং সিলিকেট লবণগুলির প্রকৃতি এক রকমের ও আর্দ্র-বিশ্লেষণের জন্য ঐ সকল সোডিয়াম লবণের দ্রবণ ক্ষারকীয়।

(৭) বোরণ এবং কার্বন উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রাইডে পরিণত হয়, সিলিকনের ইহা হয় না।

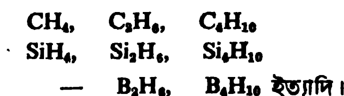
(৮) তিনটি অধাতুই কোন কোন ধাতুর সঙ্গে মিলিত হইয়া বোরাইড, কার্বাইড এবং সিলিসাইড উৎপাদন করে; $Mg_3B_2$, $Mg_2Si$, $Mg_2C_3$, $Al_4C_3$, $CaC_2$, ইত্যাদি।

(৯) বোরণ এবং সিলিকন হ্যালোজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া স্ব স্ব হ্যালাইডে পরিণত হয়। কিন্তু কার্বন সরাসরি হ্যালোজেনের সঙ্গে মিলিত হয় না, যদিও $CCl_4$, $C_6Cl_6$ ইত্যাদি বহু যৌগ পরোক্ষে তৈয়ারী করা হয়। কার্বনের হ্যালাইডের উল্লেখযোগ্য আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় না। কিন্তু অপর দুইটি মৌলের হ্যালাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিডে পরিণত হয়:



$$BCl_3 + 3H_2O = H_3BO_3 + 3HCl \;;\; SiCl_4 + 3H_2O = H_2SiO_3 + 4HCl$$

(১০) তিনটি মৌলেরই অনেক হাইড্রাইড আছে। উহারা সমযোগী পদার্থ। হাইড্রো-কার্বনগুলি পরিপৃক্ত এবং অপরিপৃক্ত হইতে পারে, $CH_4$, $C_2H_2$। কিন্তু বোরেণ এবং সিলেনগুলি পরিপৃক্ত যৌগ। উহাদের পরস্পরের মধ্যে সরাসরি সংযোগদ্বারা চেইন বা সারবন্দী যৌগ গঠন করার প্রবণতা আছে। কার্বনের এই ক্ষমতা সর্বাধিক, সিলিকনের এবং বোরণের ঐরূপ ক্ষমতা সীমিত।



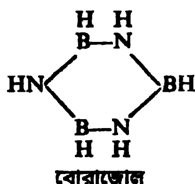
| | | |
|---|---|---|
| $CH_4$, | $C_2H_6$, | $C_4H_{10}$ |
| $SiH_4$, | $Si_2H_6$, | $Si_4H_{10}$ |
| — | $B_2H_6$, | $B_4H_{10}$ ইত্যাদি। |

ইহাদের অ্যালকিল প্রতিস্থাপিত যৌগও দেখা যায়, যেমন $(C_2H_5)B_2H_5$। অন্যান্য সমতুল প্রতিস্থাপিত যৌগও আছে। যথা,

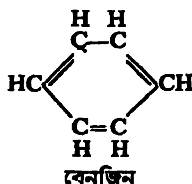


$$SiHCl_3 \;,\; R_3Si(OH) \;,\; CHCl_3 \;,\; R_3C(OH)$$

বৃত্তাকার যৌগও অনেক সময় দেখা যায়:



বোরাজোল



বেনজিন

## টিন ( রাং )

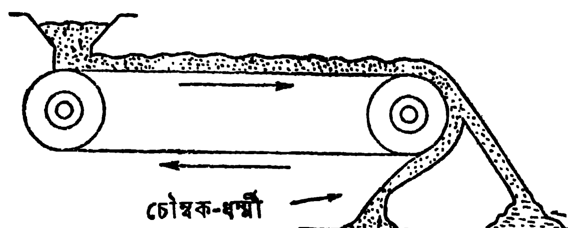
চিহ্ন Sn, ক্রমাঙ্ক 50, পাঃ গুরুত্ব 118.7, ইলেকট্রন-বিন্যাস [Kr].$4d^{10}5s^25p^2$

সাইবেরিয়াতে সামান্য কিছু টিন মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় বটে, কিন্তু টিনস্টোন বা ক্যাসিটেরাইট [ Cassiterite ], $SnO_2$, টিনের প্রধান আকরিক। ইন্দোনেশিয়া, মালয়, ব্রহ্মদেশ, শ্যামদেশ, নাইজেরিয়া, চীন ও অস্ট্রেলিয়াতে ইহা বেশী পাওয়া যায়। ভারতবর্ষে হাজারিবাগ অঞ্চলে অতি সামান্য পরিমাণ টিনস্টোন আছে।

**১৭-৪৬। টিন-প্রস্তুতি।** সমস্ত টিনই ক্যাসিটেরাইট খনিজ হইতে উৎপাদন করা হয়। উহার টিন-অক্সাইডকে কার্বন সাহায্যে বিজারিত করিয়া টিন পাওয়া যায়। এই খনিজে টিন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ খুব কম, শতকরা 5~7% ভাগ মাত্র। উহার সঙ্গে নানা রকম আবর্জনা মিশ্রিত থাকে। এই সব অপদ্রব্যের মধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য সিলিকা ও সিলিকেট, উলফ্রেমাইট ( $FeWO_4$ ), আয়রণ ও কপারের আর্সেনাইড, সালফাইড প্রভৃতি। যথাসম্ভব এই সকল অপদ্রব্য সরাইয়া লওয়ার জন্য আকরিকের গাঢ়ীকরণ প্রথম প্রয়োজন।

**আকরিকের গাঢ়ীকরণ।** আকরিক হইতে অপ্রয়োজনীয় পদার্থগুলি যতটা সম্ভব দূর করার জন্য তিনটি প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়।

(ক) বিচূর্ণ আকরিক অতিরিক্ত জলের সহিত মিশাইয়া একটি ঢালু তারজালির টেবিলের উপর প্রবাহিত করা হয়। তারজালিটি সর্বদা নাড়ান হয়। অপেক্ষাকৃত ভারী টিন-ডাই-অক্সাইড, উলফ্রেমাইট ইত্যাদি নীচে অপর একটি টেবিলে জমা হয়। হাল্কা সিলিকা, সিলিকেট ইত্যাদি জলের সঙ্গে ভাসিয়া যায়। অর্থাৎ, আকরিক খানিকটা গাঢ় হয়।




চিত্র ১৭-গ। চুম্বকের সাহায্যে গাঢ়ীকরণ

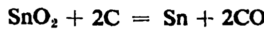
(খ) এরপর একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে উহাকে বাতাসের সান্নিধ্যে তাপ জারিত করা হয়। ফলে, সালফার, আর্সেনিক প্রভৃতি উদ্বায়ী পদার্থগুলি গ্যাস হইয়া চলিয়া যায়। উলফ্রে-মাইট কিন্তু থাকে। চুম্বকক্ষেত্রের প্রয়োগে উহা সরান হয়।

(গ) দুইটি রোলার লইয়া উহাকে একটি মোটা কাপড়ের বেল্ট দিয়া ঘিরিয়া লওয়া হয়। একটি রোলার চুম্বকধর্মী। পূর্বের গাঢ় আকরিক-চূর্ণ এই বেল্টের উপর রাখিলে, উহা ক্রমশঃ চুম্বক রোলারের নিকট যায় ( চিত্র ১৭-গ)। উলফ্রেমাইট চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট

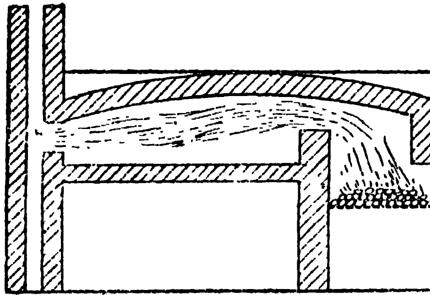
হয়, সুতরাং চুম্বক রোলার অতিক্রম করিয়া নীচে পড়ার সময় টিন-ডাই-অক্সাইড এবং উলফ্রেমাইট পৃথক হইয়া পড়ে।

ইহার পর বিচূর্ণ গাঢ় আকরিককে আরও একবার জলে বিধৌত করা হয়। যদি কোন কপার সালফেট থাকে তাহা দ্রবিত হইয়া যায় এবং হাল্‌কা ফেরিক-অক্সাইডও দূর হয়। এইভাবে শেষ পর্যন্ত যে গাঢ় আকরিক থাকে তাহাতে 60~70% টিন-ডাই-অক্সাইড থাকে। ইহাকে 'কালো টিন' বা Black tin বলা হয়।

**বিগলন।** অতঃপর গাঢ় আকরিকের সঙ্গে উহার ওজনের এক পঞ্চমাংশ বিচূর্ণ অ্যানথ্রাসাইট কোক মিশ্রিত করিয়া একটি পরাবর্ত চুল্লীতে তাপিত করা হয় (চিত্র ১৭-ত)। টিন-অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। তাপমাত্রা 1200°C~1300°C রাখা হয়, বিগালক হিসাবে কিছুটা $CaF_2$ এবং চুণও মিশান হয়।



$$SnO_2 + 2C = Sn + 2CO$$



চিত্র ১৭-ত। টিন-উৎপাদনে পরাবর্ত চুল্লী

গলিত টিন এবং ধাতুমল চুল্লীর তলদেশে সঞ্চিত হয় এবং পৃথক নির্গমপথে উহাদের বাহির করিয়া আনা হয়।

**বিশোধন।** চুল্লী হইতে যে টিন পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ নয়, উহাতে কিছু টানস্টেন, আয়রণ, আর্সেনিক ইত্যাদি থাকে। বিশোধনের জন্য একটি পরাবর্ত-চুল্লীর ঢালু মেঝেতে এই টিন রাখিয়া আস্তে আস্তে গলান হয়। গলিত টিন (স্ফুটনাঙ্ক, 232°C) গড়াইয়া নীচের দিকে যায়। অপদ্রব্যগুলি মেঝেতে পড়িয়া থাকে। ইহার পর গলিত টিনের ভিতর কাঁচা কাঠ প্রবেশ করাইয়া দ্রুত আলোড়িত করা হয় (poling)। কোন অক্সাইড থাকিলে কাঁচা কাঠ হইতে উদ্ভূত হাইড্রোকার্বন তাহা বিজারিত করিয়া দেয়। এইভাবে শতকরা 99% বিশুদ্ধ টিন পাওয়া যায়।

স্ট্যানাস সালফেটের অম্লদ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে লইয়া বিশুদ্ধ টিনের ক্যাথোড এবং উপরোক্ত টিনকে অ্যানোডরূপে রাখিয়া তড়িৎ-প্রবাহ দিলে বিশুদ্ধ টিন ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। এই তড়িৎ-বিশোধনে যে টিন পাওয়া যায় তাহাতে 99.98% টিন থাকে।

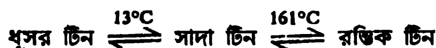
**অব্যবহার্য টিনের পাত্র হইতে ধাতব টিন সংগ্রহ।** ভারতবর্ষের মত দেশে যেখানে টিনের আকরিক নাই সেখানে অব্যবহার্য পুরানো বা ভাঙ্গা টিনের পাত্র বা টিন-প্রলেপিত বস্তু

হইতে ধাতব টিন উদ্ধার করা এক প্রয়োজনীয় প্রক্রিয়া হিসাবে গণ্য করা যাইতে পারে। এজন্য পুরানো বা ভাঙ্গা বস্তুটিকে প্রথমে ক্ষারদ্বারা ধুইয়া, তৈল বা ঐজাতীয় মালিন্য দূর করা হয়; ইহার পর যদি পাত্রটিতে কোনও ঝালাই থাকে তবে তাহা গালাইয়া ফেলা হয়। এবার উহাকে একটি বদ্ধ লৌহ-চোঙের ভিতর ক্লোরিনদ্বারা বিক্রিয়া করানো হয়। ইহাতে উদ্বায়ী স্ট্যানিক ক্লোরাইড গঠিত হয়। কখনও কখনও সোদক লবণ, $SnCl_4.5H_2O$-ও গঠিত হয়, সেক্ষেত্রে উহাকে সরাসরি সিল্ক-শিল্পে ব্যবহার করা হয়। যাহা হউক, ধাতব টিন পাইতে হইলে উল্লিখিত ক্লোরাইডকে পরাবর্ত চুল্লীতে বিগলিত করা হয়।

আধুনিক কালে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়াতেও এই জাতীয় পদার্থ হইতে টিন নিষ্কাশন করা যায়। এজন্য সোডিয়াম সায়ানাইডকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে, পুরানো-ভাঙ্গা টিন-প্লেটকে অ্যানোড হিসাবে ও স্টীল ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে বিশুদ্ধ টিন ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে।

**টিনের ধর্ম।** টিনের রং সাদা, ঘনত্ব 7.29, গলনাঙ্ক 232°C, স্ফুটনাঙ্ক 2260°C টিনের ঘাতসহতা খুব বেশী, উহার খুব পাতলা পাত (রাংতা) তৈয়ারী করা যায়; যদিও টিনের সরু তার হয় না।

টিন বহুরূপিক মৌল, 13°C-এর নীচে সাধারণ সাদা টিন অত্যন্ত ভঙ্গুর হয় এবং ধূসর টিনে পরিণত হয়। আবার 161°C-এর উপরে টিনের রূপান্তর ঘটে, উহা রম্ভিক টিনে পরিণত হয়। অতএব টিনের তিনটি রূপভেদ আছে:

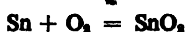


$$\text{ধূসর টিন} \underset{}{\overset{13°C}{\rightleftharpoons}} \text{সাদা টিন} \overset{161°C}{\rightleftharpoons} \text{রম্ভিক টিন}$$

টিনের পাত প্রভৃতি শীতপ্রধান দেশে রাখিয়া দিলে উহা ধূসর টিনে পরিবর্তিত হয়। উহা ফুলিয়া ওঠে এবং ভাঙ্গিয়া যায়। ইহাকে বলা হয় 'টিনের প্লেগ' (tin plague)।

টিনের পাত বাঁকাইলে উহা হইতে কড়কড় শব্দ বাহির হয়, ইহাকে 'টিনের ঝঙ্কার' (cry of tin) বলে। টিনের স্ফটিকগুলি পরস্পরের ঘর্ষণের ফলে এই শব্দের সৃষ্টি হয়।

সাধারণতঃ বাতাসে রাখিয়া দিলে টিনের কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু শ্বেততপ্ত টিন অক্সিজেনে জ্বলিয়া টিন-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তপ্ত টিনের দ্বারা স্টীমও বিযোজিত হয়। ক্লোরিন, সালফার ইত্যাদি তপ্ত টিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে:



$$Sn + O_2 = SnO_2$$



$$Sn + 2H_2O = SnO_2 + 2H_2$$

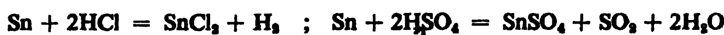


$$Sn + 2S = SnS_2$$



$$Sn + 2Cl_2 = SnCl_4$$

ফুটন্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা টিন আক্রান্ত হয়:



$$Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2 \quad ; \quad Sn + 2H_2SO_4 = SnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

ঠাণ্ডা লঘু $HNO_3$ এবং টিনের বিক্রিয়াতে স্ট্যানাস নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়।



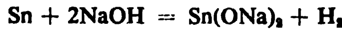
$$4Sn + 10HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা টিন আক্রান্ত হইলে একটি মেটাস্ট্যানিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপ পড়ে:



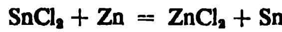
$$5Sn + 20HNO_3 = H_2Sn_5O_{11},4H_2O + 20NO_2 + 5H_2O$$

কস্টিক সোডার সহিত টিন-চূর্ণের বিক্রিয়াতে সোডিয়াম স্ট্যানাইট ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়;



$$Sn + 2NaOH = Sn(ONa)_2 + H_2$$

স্ট্যানাস লবণের দ্রবণে জিঙ্ক বা আয়রণ ধাতু রাখিলে, টিন প্রতিস্থাপিত হয়;



$$SnCl_2 + Zn = ZnCl_2 + Sn$$

**টিনের ব্যবহার।** (ক) অনেক সময়ে লৌহপাত্রের উপর টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাতে লোহার উপর মরিচা পড়ে না। লোহার পাত্রটিকে উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া গলিত টিনে ডুবান হয়। ইহাতে লোহার উপরে টিনের আবরণ সৃষ্টি হয়। ইহাকে 'টিনের প্রলেপন' বা tin plating বলে। সাধারণ টিনের কৌটা প্রভৃতিতে এই রকম প্রলেপ আছে।

(খ) অনেক সময় ব্রোঞ্জ বা কপার নির্মিত পাত্রের উপর বিচূর্ণ টিন এবং একটু $NH_4Cl$ ছড়াইয়া দিয়া তাপিত করা হয়। ইহাতেও টিনের একটি দৃঢ় প্রলেপ পড়ে। ইহাকে 'রাংয়ের কলাই' (tinning) বলে।

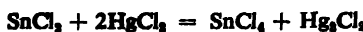
(গ) টুথপেস্টের নল প্রভৃতিতে টিনের পাত ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) টিনের অনেক ধাতুসংকর প্রচুর ব্যবহার হয়। কয়েকটি উদাহরণ এখানে দেওয়া হইল:

(১) ব্রোঞ্জ: Cu 92%, Sn 8% (বাসনপত্র)
(২) মুদ্রা: Cu 95%, Sn 4%, Zn 1% (তামার মুদ্রাতে)
(৩) বেল মেটাল: Cu 80%, Sn 20% (চামচে, বাসন, ঘণ্টা ইত্যাদি)
(৪) ঝালাই ধাতু (solder): Sn 50%, Pb 50% (ঝালাইয়ের কাজে)
(৫) পয়টার (Pewter): Sn 80%, Pb 20% (টেবলওয়ারে)
(৬) ব্রিটানিয়া মেটাল: Sn 90%, Sb 10% (ছুরি, কাঁটা ইত্যাদির জন্য)

## টিনের কয়েকটি প্রধান যৌগ

টিনের পরমাণুর বাইরের স্তরে চারটি ইলেকট্রন, $5s^25p^2$ আছে। সেই জন্য উহার যোজ্যতা দুই বা চার হইয়া থাকে। চতুর্যোজী যৌগগুলি সমযোজী স্ট্যানিক যৌগ। দ্বিযোজী যৌগগুলি ইলেকট্রনীয় যৌগ গঠন করে—উহারা স্ট্যানাস যৌগ। স্বভাবতঃই স্ট্যানাস যৌগের জারণে স্ট্যানিক যৌগ পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ স্ট্যানাস যৌগ বিজারক-রূপে কাজ করে। যেমন,



$$SnCl_2 + 2HgCl_2 = SnCl_4 + Hg_2Cl_2$$



$$SnCl_2 + Hg_2Cl_2 = SnCl_4 + 2Hg$$

**১৭-৪৭। স্ট্যানাস অক্সাইড, SnO।** স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে লঘু কস্টিক সোডা মিশাইলে যে সাদা স্ট্যানাস হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় উহা উত্তপ্ত করিলে বিয়োজিত হইয়া স্ট্যানাস অক্সাইড দেয়।



$$SnCl_2 + 2NaOH = Sn(OH)_2 + 2NaCl \quad ; \quad Sn(OH)_2 = SnO + H_2O$$

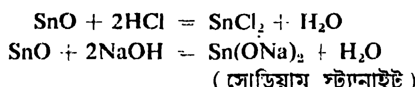
স্ট্যানাস অক্সালেট উত্তপ্ত করিলেও উহা পাওয়া যায়:



$$SnC_2O_4 = SnO + CO + CO_2$$

স্ট্যানাস অক্সাইড ধূসর কালো অনিয়তাকার পদার্থ। জলে অদ্রবণীয় এবং বাতাসে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে জারিত হইয়া স্ট্যানিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

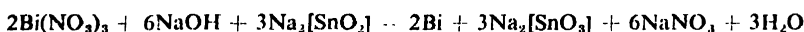
স্ট্যানাস অক্সাইড উভধর্মী; সুতরাং অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে। স্ট্যানাস লবণ এবং স্ট্যানাইট লবণ পাওয়া যায়।



$$SnO + 2HCl = SnCl_2 + H_2O$$
$$SnO + 2NaOH = Sn(ONa)_2 + H_2O$$

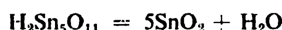
( সোডিয়াম স্ট্যানাইট )

স্ট্যানাস হাইড্রক্সাইডও উভধর্মী। স্ট্যানাইট লবণের দ্রবণ বিজারক রূপে কাজ করে, বিসমাথ লবণকে বিজারিত করিয়া ধাতু নিষ্কাশিত করে;



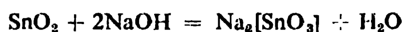
$$2Bi(NO_3)_3 + 6NaOH + 3Na_2[SnO_2] = 2Bi + 3Na_2[SnO_3] + 6NaNO_3 + 3H_2O$$

**১৭-৪৮। স্ট্যানিক অক্সাইড, $SnO_2$।** শ্বেততপ্ত টিনকে বাতাসে জারিত করিয়া অথবা মেটাস্ট্যানিক অ্যাসিডকে ($H_2Sn_5O_{11}$) উচ্চ তাপমাত্রায় বিয়োজিত করিলে স্ট্যানিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$H_2Sn_5O_{11} = 5SnO_2 + H_2O$$

স্ট্যানিক অক্সাইড সাদা বিচূর্ণ পদার্থ। উহা জলে বা অ্যাসিডে দ্রব হয় না। কিন্তু কস্টিক সোডা বা পটাসের সঙ্গে গলাইলে উহা স্ট্যানেট লবণে পরিণত হয়:



$$SnO_2 + 2NaOH = Na_2[SnO_3] + H_2O$$

এই স্ট্যানেট লবণের দ্রবণ গাঢ় করিলে উহা হইতে $Na_2SnO_3, 3H_2O$ কেলাসিত হয়। স্ট্যানেটকে স্ট্যানিক অ্যাসিডের, $H_2SnO_3$, লবণ মনে করা যাইতে পারে। কিন্তু কেলাসের জল এত দৃঢ়সংলগ্ন যে বস্তুতঃ $Na_2[Sn(OH)_6]$ একটি জটিল লবণ। প্লাটিনেট এবং প্লাম্বেট লবণের সঙ্গে উহা সমাকৃতিক।



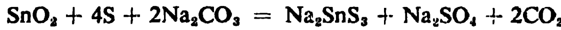
$$Na_2[Sn(OH)_6], \quad Na_2[Pb(OH)_6], \quad Na_2[Pt(OH)_6]$$

স্ট্যানিক অ্যাসিড দুই রকমের: (১) α-স্ট্যানিক অ্যাসিড, $H_2SnO_3$ এবং (২) β-স্ট্যানিক অ্যাসিড বা মেটাস্ট্যানিক অ্যাসিড, $H_2Sn_5O_{11}$

স্ট্যানেট লবণের দ্রবণকে লঘু অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিলে অথবা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়া মিশাইলে α-স্ট্যানিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উহা একটি আঠাল অধঃক্ষেপ।

টিনের সঙ্গে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে β-স্ট্যানিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। দুই রকম অ্যাসিডই ক্ষারে দ্রবিত হয়।

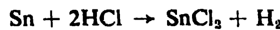
টিন-ডাই-অক্সাইডকে দ্রবিত করিতে হইলে কস্টিক সোডার সঙ্গে গলাইতে হয়; অথবা সালফার এবং সোডিয়াম কার্বনেট সহ গলাইতে হয়। শেষের ক্ষেত্রে থায়োস্ট্যানেট উৎপন্ন হয়, উহা দ্রাব্য।



$$SnO_2 + 4S + 2Na_2CO_3 = Na_2SnS_3 + Na_2SO_4 + 2CO_2$$

কাচশিল্পে এবং বিশেষ ধরনের পালিশের কাজে টিন-ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। টিনের হ্যালাইডগুলির মধ্যে ক্লোরাইডগুলিই প্রধান।

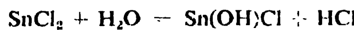
**১৭-৪৯। স্ট্যানাস ক্লোরাইড, $SnCl_2$।** উত্তপ্ত টিনের উপর দিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস পরিচালনা করিলে অনার্দ্র স্ট্যানাস ক্লোরাইডের গুঁড়া পাওয়া যায়।



$$Sn + 2HCl \rightarrow SnCl_2 + H_2$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে টিন বিক্রিয়া করে এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। উহা হইতে সোদক স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ফটিক কেলাসিত হয়, $SnCl_2, 2H_2O$।

স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ফটিক স্বচ্ছ, বর্ণহীন এবং জলে দ্রবণীয়। কিন্তু লঘু দ্রবণে উহা ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সাদা অদ্রাব্য অক্সি-ক্লোরাইডে পরিণত হয়; সেই জন্য দ্রবণটি প্রায়ই সাদা ও ঘোলাটে দেখায়।



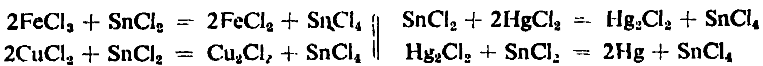
$$SnCl_2 + H_2O = Sn(OH)Cl + HCl$$

বাতাসে দ্রবণটি রাখিলে আরও সহজে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ এবং জারণ ঘটে;



$$6SnCl_2 + 2H_2O + O_2 = 2SnCl_4 + 4Sn(OH)Cl$$

স্ট্যানাস ক্লোরাইড বিজারণ গুণসম্পন্ন, ফেরিক, মারকিউরিক লবণকে বিজারিত করে।



$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4 \quad | \quad SnCl_2 + 2HgCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$
$$2CuCl_2 + SnCl_2 = Cu_2Cl_2 + SnCl_4 \quad | \quad Hg_2Cl_2 + SnCl_2 = 2Hg + SnCl_4$$

স্ট্যানাস ক্লোরাইড আয়োডিনের সঙ্গে যুতযৌগিক গঠন করে। মাত্রিক হিসাবে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় বলিয়া টিনের পরিমাণ নির্ণয়ে এই বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। প্রমাণ আয়োডিন দ্রবণ মিশাইয়া, অতিরিক্ত আয়োডিনটুকু থায়োসালফেট দ্রবণদ্বারা টাইট্রেশন করা হয়।



$$SnCl_2 + I_2 = SnCl_2I_2$$

গাঢ় HCl-দ্রবণে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ক্লোরোস্ট্যানাস অ্যাসিড, $HSnCl_3$ এবং $H_2SnCl_4$ সৃষ্টি করে। উহাদের স্থায়ী লবণ $KSnCl_3, H_2O$ ; $K_2SnCl_4, 2H_2O$ ইত্যাদি পাওয়া গিয়াছে।

ল্যাবরেটরীতে বিজারক হিসাবে এবং কোন কোন রঞ্জক-প্রস্তুতিতে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।

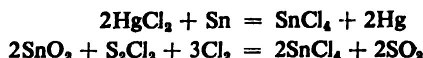
**১৭-৫০। স্ট্যানিক ক্লোরাইড, $SnCl_4$।** একটি বকযন্ত্রে গলিত টিনের উপর দিয়া ক্লোরিন প্রবাহিত করাইলে স্ট্যানিক ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উহা উদ্বায়িত হইয়া

বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে। ঠাণ্ডা করিয়া তরল অবস্থায় (স্ফুটনাঙ্ক, 114°C) সংগ্রহ করা হয়।



$$Sn + 2Cl_2 = SnCl_4$$

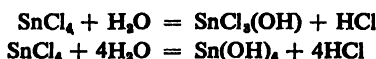
টিন এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড একত্র করিয়া পাতত করিলে স্ট্যানিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। অথবা, উত্তপ্ত $SnO_2$-এর উপর দিয়া সালফার ক্লোরাইড বাষ্প এবং ক্লোরিন পাঠাইয়াও উহা তৈয়ারী করা যায়।



$$2HgCl_2 + Sn = SnCl_4 + 2Hg$$
$$2SnO_2 + S_2Cl_2 + 3Cl_2 = 2SnCl_4 + 2SO_2$$

তরল স্ট্যানিক ক্লোরাইড বেশ ভারী, ঘনত্ব 2.3। উহার যুত-যৌগিক সৃষ্টি করার প্রবণতা আছে: $SnCl_4, 5H_2O$; $SnCl_4, 8H_2O$; $SnCl_4, PCl_5$; $SnCl_4, 4NH_3$; ইত্যাদি। $SnCl_4, 5H_2O$কে 'টিনের মাখন' (butter of tin) বলা হয়।

স্ট্যানিক ক্লোরাইড সমযোজী যৌগ। জৈবদ্রাবকে উহার যথেষ্ট দ্রবণীয়তা, উহার উদ্বায়িতা, তড়িৎবহনে উহার অক্ষমতা ইহার প্রমাণ।



$$SnCl_4 + H_2O = SnCl_3(OH) + HCl$$
$$SnCl_4 + 4H_2O = Sn(OH)_4 + 4HCl$$

বাতাসে রাখিয়া দিলে স্ট্যানিক ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষণহেতু ধূমায়িত হইতে থাকে। অতিরিক্ত জলে উহা খুবই দেখা যায়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া স্ট্যানিক ক্লোরাইড জটিল আয়নে পরিণত হয়। ক্লোরোস্ট্যানিক অ্যাসিড, $H_2[SnCl_6], 6H_2O$ কেলাসাকারে পাওয়া যায়। উহার বিভিন্ন লবণও প্রস্তুত হইয়াছে, $K_2[SnCl_6]$, $(NH_4)_2[SnCl_6]$।

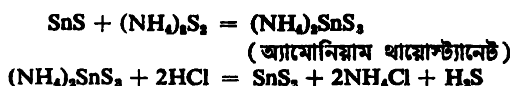
স্ট্যানিক ক্লোরাইড রাগবন্ধক (mordant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৫১। স্ট্যানাস সালফাইড, SnS।** বিচূর্ণ টিন ও সালফার একত্র উত্তপ্ত করিলে কিংবা স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে বাদামী স্ট্যানাস সালফাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়:



$$Sn + S = SnS \quad ; \quad SnCl_2 + H_2S = SnS + 2HCl$$

স্ট্যানাস সালফাইড গাঢ় HCl-এ দ্রবীভূত হয় কিন্তু ক্ষার দ্রবণে দ্রবীভূত হয় না। পীত অ্যামোনিয়াম সালফাইডে স্ট্যানাস সালফাইড দ্রবিত হইয়া থায়োস্ট্যানেট উৎপন্ন করে। উক্ত দ্রবণকে অম্লীকৃত করিলে উহা হইতে হলুদ রংয়ের স্ট্যানিক সালফাইড বাহির হইয়া আসে:



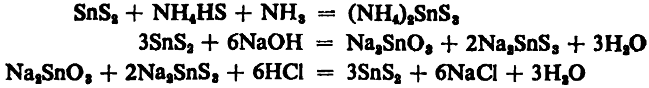
$$SnS + (NH_4)_2S_2 = (NH_4)_2SnS_3$$
(অ্যামোনিয়াম থায়োস্ট্যানেট)
$$(NH_4)_2SnS_3 + 2HCl = SnS_2 + 2NH_4Cl + H_2S$$

**১৭-৫২। স্ট্যানিক সালফাইড, $SnS_2$।** উপরোক্ত উপায় ছাড়াও, অম্লীকৃত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে, অর্থাৎ ক্লোরোস্ট্যানিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত $H_2S$ গ্যাস পরিচালিত করিলে যে পীত অধঃক্ষেপ হয়, উহাও স্ট্যানিক সালফাইড।



$$H_2[SnCl_6] + 2H_2S = SnS_2 + 6HCl$$

গাঢ় HCl-এর সহিত ফুটাইলে স্ট্যানিক সালফাইড উহাতে দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়াম হাইড্রোসালফাইড বা পীত অ্যামোনিয়াম সালফাইডে স্ট্যানিক সালফাইড যুক্ত হইয়া থায়োস্ট্যানেটে পরিণত হয়। কস্টিক সোডাতেও উহা দ্রব হয় এবং স্ট্যানেট ও থায়োস্ট্যানেট দেয়। এই সকল দ্রবণ অম্লীকৃত করিলে পুনঃরায় $SnS_2$ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

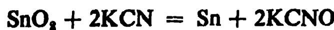


$$SnS_2 + NH_4HS + NH_3 = (NH_4)_2SnS_3$$
$$3SnS_2 + 6NaOH = Na_2SnO_3 + 2Na_2SnS_3 + 3H_2O$$
$$Na_2SnO_3 + 2Na_2SnS_3 + 6HCl = 3SnS_2 + 6NaCl + 3H_2O$$

টিন, সালফার, পারদ এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড একত্র মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে, পারদ ও $NH_4Cl$ ঊর্ধ্বপাতিত হওয়ার পর অত্যন্ত উজ্জ্বল এবং সোনালী রংয়ের স্ট্যানিক সালফাইড পাওয়া যায়। ইহাকে 'মোজায়িক গোল্ড' (mosaic gold) বলে। পর্সেলিন বা কাচশিল্পের কারুকার্যে স্বর্ণচূরের পরিবর্তে ইহা ব্যবহার হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড উভয়েই টিনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং যথাক্রমে টিনের নাইট্রেট এবং সালফেট উৎপন্ন করে। কিন্তু উহাদের দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিতে গেলে উহাদের ক্ষারকীয় লবণ পাওয়া যায়। টিনের কোন কার্বনেট পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

**১৭-৫৩। টিনের যৌগের পরীক্ষা।** **শুষ্ক পরীক্ষা।** বিচূর্ণ টিনের যৌগটিকে অতিরিক্ত সোডিয়াম কার্বনেট এবং পটাসিয়াম সায়ানাইডের সঙ্গে মিশাইয়া চারকোলে বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে, ছোট ছোট ধাতব টিনের গুটি পাওয়া যায়। এই গুটিগুলি লইয়া গাঢ় $HNO_3$-এ দিলে সাদা মেটাস্ট্যানিক অ্যাসিডের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাই টিনের নির্দেশ করে।



$$SnO_2 + 2KCN = Sn + 2KCNO$$

**সিক্ত পরীক্ষা।** টিনের যৌগের সিক্ত পরীক্ষার জন্য $SnCl_2$ কিংবা $SnCl_4$ লওয়া হয়।

| বিকারক | $SnCl_2$-দ্রবণ | $SnCl_4$-দ্রবণ |
|---|---|---|
| ১। $H_2S$-গ্যাস | বাদামী বা ধূসর SnS অধঃক্ষেপ। গাঢ় HCl-এ দ্রাব্য, ক্ষারে অদ্রাব্য। | হলুদ অধঃক্ষেপ, $SnS_2$। গাঢ় HCl- এবং NaOH-এ দ্রাব্য। |
| ২। $HgCl_2$ দ্রবণ | সাদা অধঃক্ষেপ, $Hg_2Cl_2$। অতিরিক্ত $SnCl_2$ থাকিলে ধূসর অধঃক্ষেপ। | কোন অধঃক্ষেপ হয় না। |

টিনের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে, উহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা প্রথমে মেটা-স্ট্যানিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। ইহাকে খুব উত্তপ্ত করিলে যে $SnO_2$ পাওয়া যায়, তাহার ওজন হইতে টিনের পরিমাণ জানা যায়।

## লেড ( সীসা )

চিহ্ন Pb, ক্রমাঙ্ক 82, পাঃ গুরুত্ব 207.2, ইলেকট্রন-বিন্যাস $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$

লেডের নানারূপ আকরিক প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। তন্মধ্যে গ্যালেনা PbS—এইটিই প্রধান। ইহা ছাড়া, লেডের উল্লেখযোগ্য আকরিকসমূহ হইল—

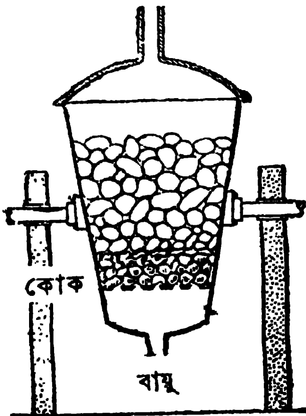
অ্যাঙ্গালেসাইট $PbSO_4$ ; সেরুসাইট $PbCO_3$

লানার্কাইট $PbSO_4$, PbO ; লেড ওকর PbO ইত্যাদি

**১৭-৫৪। লেড-প্রস্তুতি।** সমস্ত লেড ধাতুই গ্যালেনা হইতে প্রস্তুত করা হয়। গ্যালেনা-খনিজ-পাথরে লেড-সালফাইড ছাড়া অনেক অপ্রয়োজনীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে। মাটি, বালু প্রভৃতি সিলিকেট-জাতীয় বস্তু তো থাকেই, তাহা ছাড়া প্রায় সর্বদাই কিঞ্চিৎ সিলভার-সালফাইড এবং কপার, বিসমাথ প্রভৃতির সালফাইডও থাকে। লেড-সালফাইডের পরিমাণ অনেক সময় শতকরা 8-10 ভাগের বেশী নয়।

বর্তমান পদ্ধতিতে প্রথমতঃ গ্যালেনার অপদ্রব্যসমূহ যথাসম্ভব দূরীভূত করা হয়। তৎপর তাপজারণের সাহায্যে লেড-সালফাইডকে লেড-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই লেড-অক্সাইডকে মারুত-চুল্লীতে কার্বন-সহ উত্তপ্ত অবস্থায় বিজারিত করিলে লেড ধাতু উৎপন্ন হয়। অতঃপর তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ধাতুটিকে বিশোধিত করা হয়।

**গ্যালেনার গাঢ়ীকরণ।** খনিজটি বিচূর্ণ অবস্থায় জল ও অল্প পরিমাণ তেলের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া বায়ু পরিচালিত করা হয়। তেল ও জলের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের ফলে যে ফেনা হয় উহাতে ধাতব সালফাইডগুলি আকৃষ্ট হইয়া পৃথক হইয়া ভাসিয়া উঠে কিন্তু মাটি বালু প্রভৃতি অপদ্রব্যসমূহ জলের নীচে থিতাইয়া যায়। এই ভাবে গাঢ়ীকরণের পর খনিজটিতে প্রায় শতকরা 60-70 ভাগ লেড-সালফাইড থাকে।



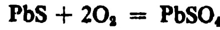

চিত্র ১৭-থ। গ্যালেনার তাপজারণ

**তাপজারণ।** গাঢ় আকরিকটিকে অতঃপর বায়ু-প্রবাহে তাপিত করিয়া লেড-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। লোহার তৈয়ারী অপেক্ষাকৃত ছোট ছোট বালতির মত চুল্লীতে এই প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। উহার মেঝেটি সছিদ্র এবং নীচের দিক হইতে বায়ু প্রবেশ করানোর ব্যবস্থা আছে। মেঝেতে প্রথমে খানিকটা কোক কয়লা রাখা হয়। তাহার উপরে গাঢ় গ্যালেনার সহিত সামান্য চুন মিশ্রিত করিয়া চুল্লীতে লওয়া হয়। প্রথমে কয়লা পুড়িয়া চুল্লীটিকে তাপিত করিয়া তোলে এবং পরে বিক্রিয়া হইতে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতেই প্রয়োজনীয় উষ্ণতা থাকে। উত্তপ্ত বায়ু

পরিচালিত করিলে লেড-সালফাইড তাপজারিত হইয়া লেড-অক্সাইডের ছোট ছোট হাল্‌কা কাঁকরে পরিণত হয়। খানিকটা লেড-সালফাইড অবশ্য লেড-সালফেটে পরিণত হইয়া যায় ( চিত্র ১৭-খ)।



$$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2$$

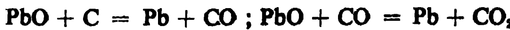


$$PbS + 2O_2 = PbSO_4$$

**বিগলন**। লেড-অক্সাইডের কাঁকরের সহিত কোক কয়লা মিশ্রিত করিয়া একটি ছোট মারুত-চুল্লীতে উহাকে অধিকতর উষ্ণতায় বিজারিত করা হয়। কিছুটা আয়রন-অক্সাইড ও চুন বিগালক হিসাবে উহার সহিত মিশাইয়া লওয়া হয়।

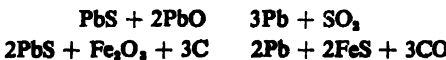
মারুত-চুল্লীটি প্রায় পঞ্চাশ ফিট উঁচু, পুরু ইস্পাতের পাতের তৈয়ারী, এবং ভিতরের দিকে অগ্নিসহ-ইষ্টকের দ্বারা আচ্ছাদিত। চুল্লীর নিচের অংশটি অপেক্ষাকৃত সরু হইয়া একটি ছোট প্রকোষ্ঠে আসিয়া শেষ হইয়াছে। চুল্লীটির উপরের দিকে খনিজ, কোক প্রভৃতির প্রবেশের ব্যবস্থা আছে। উৎপন্ন গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার একটি নির্গম-পথও আছে। চুল্লীর নিম্নাংশে উত্তপ্ত শুষ্কবায়ু প্রবেশ করার জন্য চুল্লীর চতুর্দিকে কয়েকটি নল (tuyers) আছে।

চুল্লীর উপর হইতে লেড-অক্সাইড প্রভৃতি ক্রমশঃ নীচের দিকে যাইতে থাকে এবং তপ্ত বায়ুপ্রবাহের সংস্পর্শে আসে। কার্বন প্রথমে পুড়িয়া কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। অধিক উষ্ণতায় লেড-অক্সাইড কার্বন এবং কার্বন-মনোক্সাইড উভয়ের দ্বারা বিজারিত হইয়া লেড ধাতুতে পরিণত হয়:



$$PbO + C = Pb + CO \,;\, PbO + CO = Pb + CO_2$$

অধিক উষ্ণতার জন্য উৎপন্ন লেড বিগলিত অবস্থায় থাকে এবং ধীরে ধীরে নীচের প্রকোষ্ঠে আসিয়া সঞ্চিত হয়। যদি কোন লেড-সালফাইড অক্সাইডের সহিত অবিকৃত থাকিয়া থাকে তাহা হইলে উহা এই উষ্ণতায় লেড-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়াদ্বারা ধাতুতে পরিণত হইয়া যায়। আয়রন-অক্সাইডও লেড-সালফাইডের বিজারণে সহায়তা করে:

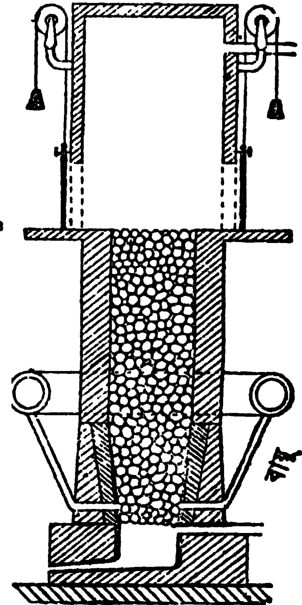


$$PbS + 2PbO \quad 3Pb + SO_2$$
$$2PbS + Fe_2O_3 + 3C \quad 2Pb + 2FeS + 3CO$$

কোন লেড-সালফেট থাকিলে উহাও লেড-সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করে:



$$PbS + PbSO_4 = 2Pb + 2SO_2$$



চিত্র ১৭-দ। লেডের মারুত-চুল্লী

খনিজের ভিতর যে সিলিকা বা সিলিকেট থাকে তাহা চুনের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম সিলিকেট, আয়রন-সালফাইড এবং অন্যান্য অপদ্রব্য একত্র হইয়া যে ধাতুমল সৃষ্টি হয় তাহাও গলিত অবস্থায় নীচের

প্রকোষ্ঠে গলিত সীসকের উপর সঞ্চিত হয়। এই প্রকোষ্ঠ হইতে দুইটি ভিন্ন ভিন্ন নির্গম-নলদ্বারা ধাতু ও ধাতুমল বাহির করিয়া লওয়া হয় (চিত্র ১৭-দ)।



$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

**তড়িৎ-বিশোধন।** মারুত-চুল্লী হইতে যে লেড-ধাতু পাওয়া যায় তাহাতে আরও অন্যান্য ধাতু স্বল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে। এই জন্য এই লেড নরম বা ঘাতসহ হয় না।

এই লেডের মধ্যে কপার, আয়রণ, আর্সেনিক, বিসমাথ থাকে; তাছাড়া কিছু সিলভার এবং সামান্য গোল্ডও থাকে। লেডকে বিশুদ্ধ অবস্থায় আনা ছাড়াও মূল্যবান সোনা-রূপা সংগ্রহ করার জন্য বিশোধন করা প্রয়োজন।

লেডকে প্রথমে একটি পরাবর্ত চুল্লীতে লইয়া বায়ুপ্রবাহে আস্তে আস্তে গলান হয়। সালফার এবং আর্সেনিক উদ্বায়িত হইয়া চলিয়া যায়। কপার, আয়রণ প্রভৃতি জারিত হইয়া অক্সাইডের একটি মল-স্তর বা গাঁজলা গলিত লেডের উপরে সৃষ্টি হয়। উহাকে উপর হইতে সরাইয়া লওয়া হয়। সিলভার, গোল্ড এবং বিসমাথ কিন্তু লেডের সঙ্গেই থাকে জারিত হয় না।

ইহার পর প্যাটিনসন বা পার্কসের বিশেষ পদ্ধতিতে লেড হইতে সিলভার উদ্ধার করা হয়। ইহাদের বিবরণ পূর্বেই দেওয়া হইয়াছে (অনুচ্ছেদ ১৩-১৫)।

সিলভার সরাইয়া লওয়ার পর যে লেড থাকে তাহা বেশ উন্নত, কিন্তু আরও বিশুদ্ধ লেড পাইতে হইলে বেট্সের পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা প্রয়োজন।

একটি তড়িৎ-বিশ্লেষক সেলে উৎপন্ন লেডের মোটা পাত অ্যানোডরূপে লওয়া হয়। পাতলা বিশুদ্ধ লেডের পাত ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোডকে-লেড ফ্লুয়োসিলিকেট ($PbSiF_6$) এবং ফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিডের ($H_2SiF_6$) একটি মিশ্রণের ভিতর রাখিয়া উহাতে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়। অ্যানোড হইতে লেড ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে বিশুদ্ধ লেড সঞ্চিত হইতে থাকে। অন্যান্য ধাতুগুলি সেলের নীচে থিতাইয়া যায়। এই প্রণালীতে বিশুদ্ধ লেড প্রস্তুত করা হয়।

**লেডের ধর্ম।** লেডের রঙ ধূসর কিন্তু উহার একটি ধাতব দ্যুতি আছে। লেডের ঘনত্ব প্রায় 11.4 এবং উহার গলনাঙ্ক 326°C। ভারী হইলেও ধাতুটি অত্যন্ত নরম, ছুরির সাহায্যে উহাকে কাটিয়া ফেলা সহজ। লেড কাগজের উপর কালো দাগ কাটিতে পারে।

অনার্দ্র বাতাসে থাকিলে লেডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না, কিন্তু আর্দ্র বাতাসের সংস্পর্শে ধাতুটির উপর উহার ক্ষারকীয় কার্বনেটের একটি অতি-পাতলা সাদা আবরণ পড়ে। অধিক উষ্ণতায় বাতাসে বা অক্সিজেনে লেডকে তাপিত করিলে উহার হলদে অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2Pb + O_2 = 2PbO$$

বিশুদ্ধ জলের সহিত লেডের কোন বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু জলে যদি অন্যান্য লবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে লেড আক্রান্ত হইয়া থাকে। লেডের যৌগসমূহ দ্রবীভূত অবস্থায় শরীরের পক্ষে অত্যন্ত ক্ষতিকর বিষ। সেই জন্য পানীয় জল সরবরাহ করিবার

সময় সাবধানতা গ্রহণ করা প্রয়োজন। পানীয় জলে সর্বদাই প্রায় খানিকটা বাই-কার্বনেট, সালফেট প্রভৃতি দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উহারা লেডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অদ্রবণীয় লেড-কার্বনেট, সালফেট ইত্যাদি উৎপন্ন করে। লেডের এই সমস্ত অদ্রবণীয় লবণ ধাতুটির উপর অতি সহজেই একটি কঠিন আবরণের সৃষ্টি করে এবং পরে লেড জলের সহিত সংস্পর্শে আসিবার আর সুযোগ পায় না। এই জন্যই সাধারণতঃ পানীয় জল লেড-পাইপদ্বারা সরবরাহ করা সম্ভব। পানীয় জল যদি সম্পূর্ণ 'মৃদু' হয় এবং উহাতে কোন দ্রবীভূত কার্বনেট বা সালফেট না থাকে তবে লেডের পাইপ ব্যবহার করা সম্ভব নয়।

লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডে লেড সহজে দ্রবীভূত হয় না, কারণ অল্প একটু বিক্রিয়া করিলেই লেডের উপর লেডক্লোরাইড ও সালফেটের আবরণ পড়িয়া উহাদের ক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে, লেড-সালফেট ও সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



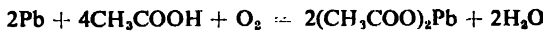
$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডে লেড দ্রবীভূত হয়।



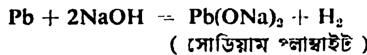
$$Pb + 4HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + N_2O_4 + 2H_2O$$

অক্সিজেন থাকিলে অ্যাসেটিক অ্যাসিডেও লেড দ্রব হয় এবং লেড-অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়।



$$2Pb + 4CH_3COOH + O_2 = 2(CH_3COO)_2Pb + 2H_2O$$

কস্টিক সোডা বা পটাসের সহিত গলাইলেও লেড ধীরে ধীরে দ্রব হইয়া প্লাম্বাইট-লবণে পরিণত হয়।



$$Pb + 2NaOH = Pb(ONa)_2 + H_2$$

( সোডিয়াম প্লাম্বাইট )

**লেডের ব্যবহার।** টাইপ ধাতু-প্রস্তুতিতে প্রচুর লেড ব্যবহৃত হয়। ইহাতে লেড 80%, অ্যান্টিমনি 15%, এবং টিন 3% থাকে। লেড ও টিনের সঙ্কর-ধাতু ঝালাই করার কাজে প্রয়োজন হয়। লেড (20%) এবং টিন (80%) হইতে যে সঙ্কর-ধাতু পাওয়া যায় তাহাকে পয়টার (pewter) বলে—উহা হইতে নানা রকম থালা-বাসন ইত্যাদি তৈয়ারী হয়।

জলের নল, চৌবাচ্চা, সালফিউরিক অ্যাসিডের টাওয়ার প্রভৃতি লেড হইতে প্রস্তুত করা হয়। ব্যাটারী প্রস্তুতিতে এবং তড়িৎবাহী তারের আবরক হিসাবে লেড সর্বদাই ব্যবহার হয়।

টিনের মত লেডেরও দুইটি যোজ্যতা — দুই এবং চার। অথবা, দ্বিযোজী এবং চতুর্যোজী যৌগ লেড হইতে পাওয়া যায়। উহারা যথাক্রমে প্লাম্বাস এবং প্লাম্বিক যৌগ। সচরাচর প্লাম্বাস লবণগুলি আয়নিক যৌগ; যেমন, $Pb(NO_3)_2$, $PbCl_2$ ইত্যাদি; ইহাদের দ্রবণে $Pb^{++}$ আয়ন আছে।

চতুর্যোজী প্লাম্বিক যৌগগুলি সমযোজী। $PbO_2$, $PbCl_4$, $Pb(C_2H_5)_4$, $Pb(Ac)_4$ ইত্যাদিতে লেডের চারটি সমযোজ্যতা দেখা যায়। এই জাতীয় লবণগুলি অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী এবং প্রায়ই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং $PbO_2$-তে পরিণত হয়।

## লেডের প্রধান কয়েকটি যৌগ

**লেড-অক্সাইড।** লেডের তিনটি অক্সাইড আছে:

(১) লেড-মনোক্সাইড বা লিথার্জ, PbO। ইহার বাংলা নাম, 'মুদ্রাশঙ্খ'।
(২) ট্রাইপ্লাম্বিক-টেট্রোক্সাইড বা 'রেড লেড' বা মিনিয়াম, $Pb_3O_4$। ইহার বাংলা নাম 'সীসসিন্দুর'।
(৩) লেড ডাই-অক্সাইড, $PbO_2$

**১৭-৫৫। লেড-মনোক্সাইড (মুদ্রাশঙ্খ), PbO।** গলিত সীসার উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত করিলে উহা জারিত হইয়া লেড-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন মনোক্সাইডও সেই উষ্ণতায় গলিত অবস্থাতেই থাকে। শীতল হইলে উহা হলুদ স্ফটিকাকার ধারণ করে।



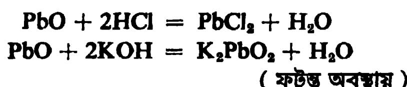
$$2Pb + O_2 = 2PbO$$

লেড-কার্বনেট, নাইট্রেট বা হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিলে উহারা বিয়োজিত হইয়া লেড-মনোক্সাইড দেয়।



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 2N_2O_4 + O_2$$

ইহা একটি উভধর্মী অক্সাইড। জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সহিতই বিক্রিয়া করিয়া বিভিন্ন লবণ উৎপাদন করে:



$$PbO + 2HCl = PbCl_2 + H_2O$$
$$PbO + 2KOH = K_2PbO_2 + H_2O$$
(ফুটন্ত অবস্থায়)

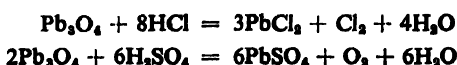
লেড-মনোক্সাইড রঙ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কাচ প্রস্তুতিতে, কাচ বা মাটির বাসনের উপর প্রলেপ দিতে, এবং লেডের নানাবিধ যৌগ-প্রস্তুতিতে লেড-মনোক্সাইড প্রয়োজন হয়।

**১৭-৫৬। ট্রাইপ্লাম্বিক টেট্রোক্সাইড বা রেড-লেড, $Pb_3O_4$।** পরাবর্ত-চুল্লীতে বিচূর্ণ লেড-মনোক্সাইডকে বায়ুপ্রবাহে কয়েক ঘণ্টা প্রায় 400°C-এ তাপিত করিলে উহা ধীরে ধীরে গাঢ় লাল 'রেড-লেডে' পরিণত হয়।



$$6PbO + O_2 = 2Pb_3O_4$$

ইহা জলে অদ্রবণীয়। অতিরিক্ত উত্তাপে ইহা বিয়োজিত হইয়া পুনরায় লেড-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। ইহার জারণ-ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। গাঢ় অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে, অ্যাসিডসমূহ জারিত হইয়া যায়, যথা,



$$Pb_3O_4 + 8HCl = 3PbCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$$
$$2Pb_3O_4 + 6H_2SO_4 = 6PbSO_4 + O_2 + 6H_2O$$

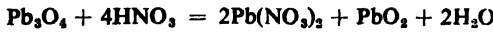
নাইট্রিক অ্যাসিডে ইহা দ্রবীভূত হয় এবং কালো $PbO_2$ দেয়। (পরবর্তী অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)। ইহাকে প্লাম্বাস অর্থোপ্লাম্বেট বলিয়া গণ্য করা হয়।



$$Pb_3O_4 = 2PbO, PbO_2 = \overset{II}{Pb_2}[\overset{IV}{Pb}O_4]$$

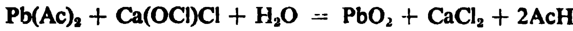
কাচশিল্পে, দিয়াশলাই-প্রস্তুতিতে ও লাল রঙ হিসাবে রেড-লেড সাধারণতঃ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

**১৭-৫৭। লেড ডাই-অক্সাইড, $PbO_2$।** রেড-লেডের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে কাল ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



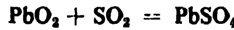
$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

লেড লবণের ক্ষারীয় দ্রবণকে ক্লোরিন বা ব্লীচিং পাউডার দ্বারা জারিত করিলেও লেড-ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী হয়।



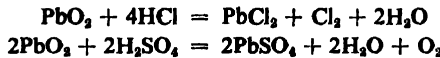
$$Pb(Ac)_2 + Ca(OCl)Cl + H_2O = PbO_2 + CaCl_2 + 2AcH$$

লেড ডাই-অক্সাইড কাল অনিয়তাকার পদার্থ। উহা তীব্র জারণগুণসম্পন্ন। সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি মৌল উহার সংস্পর্শে আসিলেই জ্বলিয়া উঠে এবং বিস্ফোরণও সংঘটিত হইতে পারে। সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত ইহা সোজাসুজি যুক্ত হইয়া লেড-সালফেটে পরিণত হয়।



$$PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$$

রেড-লেডের অনুরূপ লেড ডাই-অক্সাইডও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডকে ফুটন্ত অবস্থায় জারিত করে:



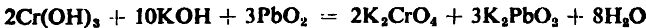
$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$
$$2PbO_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O + O_2$$

কোন $H_2O_2$ উৎপন্ন হয় না। সুতরাং $PbO_2$ পার-অক্সাইড নয়, উহা ডাই-অক্সাইড। লেড ডাই-অক্সাইডের জারণ-ক্ষমতা সমধিক। তাহার প্রমাণ, ম্যাঙ্গানিজ লবণকে নাইট্রিক অ্যাসিডসহ ফুটাইলে উহা পারমাঙ্গানেটে পরিণত হয়।



$$2MnSO_4 + 5PbO_2 + 6HNO_3 = 2HMnO_4 + 2PbSO_4 + 3Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$$

সেইরূপ, ক্ষারীয় ক্রোমিয়াম হাইড্রক্সাইডকে হলুদ ক্রোমেটে পরিণত করে,



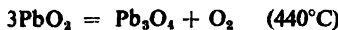
$$2Cr(OH)_3 + 10KOH + 3PbO_2 = 2K_2CrO_4 + 3K_2PbO_2 + 8H_2O$$

গাঢ় KOH-এর সহিত ফুটাইলে $PbO_2$ দ্রবিত হইয়া প্লাম্বেট লবণ তৈয়ারী করে:



$$PbO_2 + 2KOH = K_2PbO_3 + H_2O$$

অধিক উষ্ণতায় লেড ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া রেড-লেড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।



$$3PbO_2 = Pb_3O_4 + O_2 \quad (440°C)$$

দিয়াশলাই-প্রস্তুতিতে এবং ব্যাটারীতে $PbO_2$ ব্যবহার হয়। জারক হিসাবে ল্যাবরেটরীতেও ইহা সময় সময় প্রয়োজন হয়।

কোন লেডের লবণের দ্রবণে কস্টিক সোডা মিশাইলে একটি থকথকে সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। উহা লেড হাইড্রক্সাইড, $Pb(OH)_2$। ইহা জলে অদ্রাব্য এবং উভধর্মী; ক্ষার এবং অ্যাসিড উভয়ের দ্বারাই আক্রান্ত হয়।

**১৭-৫৮। অন্যান্য প্লাম্বাস যৌগ। লেড ফ্লুরাইড, $PbF_2$।** লেড-লবণের সঙ্গে সোডিয়াম ফ্লুরাইডের বিক্রিয়াতে এই সাদা বিচূর্ণ পদার্থটি পাওয়া যায়। জলে অদ্রাব্য, কিন্তু HCl বা $HNO_3$ অ্যাসিডে দ্রব হয়।

**লেড ক্লোরাইড, $PbCl_2$।** লেড-নাইট্রেটের দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে সাদা লেড-ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। শীতল জলে ইহা অতি সামান্য দ্রব হয়; কিন্তু ফুটন্ত জলে ইহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা আছে। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফুটাইলে লেড-ক্লোরাইড জটিল যৌগে পরিণত হওয়ার জন্য ধীরে ধীরে দ্রব হইয়া যায়।



$$PbCl_2 + 2HCl = H_2[PbCl_4]$$

কোন কোন ক্ষারকীয় লেড-ক্লোরাইড পীত রঙ হিসাবে ব্যবহার হয়। যেমন, $PbCl_2$, 4PbO [Turner's yellow], $PbCl_2$, 7PbO [Cassel yellow].

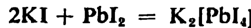


$$5PbO + 2NaCl + H_2O \rightarrow PbCl_2, 4PbO + 2NaOH$$

**লেড ব্রোমাইড, $PbBr_2$।** ইহাও ক্লোরাইডের মত একই উপায়ে তৈয়ারী করা হয়। ইহার স্ফটিকও সাদা এবং গরম জলে ইহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা আছে।

**লেড আয়োডাইড, $PbI_2$।** লেড নাইট্রেট বা অ্যাসিটেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ মিশাইলে হলুদ রংয়ের লেড আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ঠাণ্ডা জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম, কিন্তু জলের সহিত ফুটাইলে উহা দ্রবিত হইয়া যায় এবং দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিলে অতি সুন্দর উজ্জ্বল ছোট ছোট সোনালী-হলুদ স্ফটিক বাহির হইয়া আসে।

অতিরিক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড থাকিলে, উহারা জটিল-যৌগে পরিণত হয়। ইহা জলে দ্রবণীয়।



$$2KI + PbI_2 = K_2[PbI_4]$$

**লেড সালফেট, $PbSO_4$।** লেডের কোন লবণের দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা কোন সালফেট দ্রবণ দিলে সাদা লেড-সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটে যথেষ্ট দ্রব হয়।

**লেড নাইট্রেট, $Pb(NO_3)_2$।** ধাতব লেড, লেড অক্সাইড অথবা লেড কার্বনেটের সঙ্গে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে লেড-নাইট্রেট তৈরী হয়। জলে এই লবণটি অত্যন্ত দ্রবণীয়, এবং দ্রবণ গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ইহা সাদা বা বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়।

লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙিয়া যায় এবং অক্সিজেন পাওয়া যায়:



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

এই জন্যই ইহা সময় সময় জারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**লেড সালফাইড, PbS।** লেড এবং সালফার একত্র উত্তপ্ত করিলে ধূসর কালো লেড সালফাইড প্রস্তুত হয়। আরও সহজে লেড-লবণের আম্লিক দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে কালো লেড সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে। গ্যাস পরিচালনার প্রথম দিকে হলদ PbS, $PbCl_2$ তৈয়ারী হয়। উহা আরও গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়াতে কালো PbS-এ পরিণত হয়।

জল বা লঘু HCl-এ ইহা দ্রব হয় না। কিন্তু গাঢ় HCl-এর সহিত ফুটাইলে উহা দ্রবিত হয়;



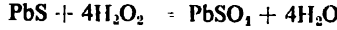
$$PbS + 2HCl = PbCl_2 + H_2S$$

ফুটন্ত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডেও লেড সালফাইড দ্রব হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়;



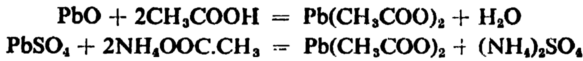
$$3PbS + 8HNO_3 = 3Pb(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O + 3S$$

বাতাসে উত্তপ্ত করিলে বা $H_2O_2$-এর সংস্পর্শে লেড সালফাইড সহজেই জারিত হইয়া সালফেটে পরিণত হয়।



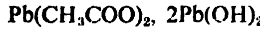
$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$$

**লেড অ্যাসিটেট, $Pb(CH_3COO)_2 . 3H_2O$।** লেড মনোক্সাইডকে লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া, কিংবা লেড-সালফেটকে অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটে দ্রবিত করিয়া লেড অ্যাসিটেট তৈয়ারী করা হয়। দ্রবণটি ঘন করিয়া ঠাণ্ডা করিলে বর্ণহীন স্ফটিকাকারে উহা তিনটি জলের অণুসহ কেলাসিত হয়।



$$PbO + 2CH_3COOH = Pb(CH_3COO)_2 + H_2O$$
$$PbSO_4 + 2NH_4OOC.CH_3 = Pb(CH_3COO)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

লেড-অ্যাসিটেটের বাজারের চল্‌তি নাম 'লেডের সুগার' (sugar of lead)। লেড অ্যাসিটেট জলে যথেষ্ট দ্রাব্য। PbO এর সঙ্গে ইহার দ্রবণ ফুটাইলে, ক্ষারকীয় লেড-অ্যাসিটেট পাওয়া যায়,

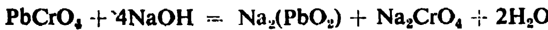


$$Pb(CH_3COO)_2, 2Pb(OH)_2$$

চিকিৎসকেরা 'লেড-লোশন' নামে ক্ষারকীয় লেড-অ্যাসিটেট দ্রবণ ব্যবহার করেন। লেড অ্যাসিটেট একটি ল্যাবরেটরীর বিকারক হিসাবে ব্যবহার ছাড়াও, ক্রোম রেড, ক্রোম ইয়েলো প্রভৃতি রঙ প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

**১৭-৫৯। লেড ক্রোমেট, $PbCrO_4$।** লেড অ্যাসিটেটের দ্রবণের সঙ্গে পটাসিয়াম ক্রোমেট দ্রবণ মিশাইলে গাঢ় হলুদ লেড ক্রোমেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা জলে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে, অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট বা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফুটাইলে বা গাঢ় ক্ষারকদ্রবণে দ্রবীভূত হয়।



$$PbCrO_4 + 4NaOH = Na_2(PbO_2) + Na_2CrO_4 + 2H_2O$$

লেড ক্রোমেট হলুদ রঙ হিসাবে ['ক্রোম ইয়েলো'] ব্যবহার হয়। লঘু কস্টিক সোডার সঙ্গে ফুটাইলে উহা হইতে উজ্জ্বল লালবর্ণের ক্ষারকীয় ক্রোমেট উৎপন্ন হয়, $PbCrO_4$, PbO, 'ক্রোম-রেড' (chrome red) নামে রং হিসাবে ইহার যথেষ্ট চাহিদা। সালফার ঘটিত জৈব-যৌগের বিশ্লেষণে লেড-ক্রোমেট ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়।

**১৭-৬০। লেড-কার্বনেট, $PbCO_3$।** লেডের কোন লবণের জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম-বাই-কার্বনেট দ্রবণ মিশাইয়া সাদা লেড-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

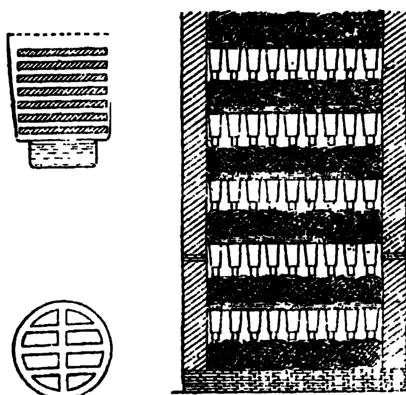


$$Pb(NO_3)_2 + 2NaHCO_3 = PbCO_3 + CO_2 + H_2O + 2NaNO_3$$

বাই-কার্বনেটের পরিবর্তে সোডিয়াম-কার্বনেট মিশ্রিত করিলে ক্ষারকীয় লেড-কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

একটি বিশেষ ক্ষারকীয়-লেড-কার্বনেট, $2PbCO_3, Pb(OH)_2$, সাদা রঙ হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়। বাজারে ইহার প্রচলিত নাম 'সীসশ্বেত' বা 'সফেদা' (white lead)। সস্তা এবং আবরণ-ক্ষমতা সমধিক বলিয়াই ইহার প্রচলন এত বেশী। নানা উপায়ে প্রস্তুত করা সম্ভব হইলেও ডাচ-প্রণালীতে ইহা বেশীর ভাগ তৈয়ারী করা হয়।

**সফেদা-প্রস্তুতি। ডাচ-প্রণালী।** এই প্রণালীতে চিত্র ১৭-ধ-এর অনুরূপ কতকগুলি মাটির পাত্রে খানিকটা লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড লওয়া হয়। অ্যাসিডের উপর বাকী অংশটি সীসার টুকরাতে ভর্তি থাকে। সীসার টুকরাগুলি সাধারণতঃ সছিদ্র গোলাকার চাক্‌তির মত হইলে সুবিধা হয়। এই সীসার চাক্‌তিগুলি এমনভাবে রাখা হয় যেন তরল অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিতে না পারে।



চিত্র ১৭-ধ। ডাচ-প্রণালীতে সীসশ্বেত-প্রস্তুতি

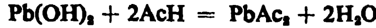
অতঃপর এই মাটির পাত্রগুলি পর পর সারিবদ্ধ ভাবে একটি ঘরের উপর হইতে নীচ পর্যন্ত বিভিন্ন তাকের উপর সাজাইয়া রাখা হয় এবং সমস্ত পাত্রগুলির চারিদিকে ও উপরে ওকগাছের ছালদ্বারা আবৃত করিয়া দেওয়া হয়। যে ঘরে ইহা রাখা হয় তাহার চারিদিকে বায়ু-চলাচলের সুবন্দোবস্ত থাকে। অনেক সময় ওকগাছের পরিবর্তে ঘোড়ার মলও ব্যবহৃত হয়। এইভাবে উহাদিগকে প্রায় $2 \sim 3$ মাস রাখিয়া দিলে, সীসার টুকরাগুলি সীসশ্বেতে পরিণত হইয়া যায়। উহাকে বাহির করিয়া জলে ধৌত করা হয় এবং অপরিবর্তিত সীসক হইতে পৃথক করিয়া লওয়া হয়। পরে শূন্য-চাপে তাপিত করিয়া উহাদিগকে শুষ্ক করা হয়। সময় বেশী লাগে বটে, তবে এই পদ্ধতির সফেদা উৎকৃষ্ট।

ওকের ছাল বা ঘোড়ার মল প্রথমে পচিতে থাকে। ইহার ফলে উত্তাপের সৃষ্টি হয় এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডও উৎপন্ন হয়। লেড আর্দ্র বাতাসে লেড-হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। উত্তাপের জন্য অ্যাসেটিক অ্যাসিড উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া লেড-হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করে। ফলে উহা হইতে লেড-অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। এই লেড-অ্যাসিটেট ধীরে ধীরে উপরোক্ত $Pb(OH)_2$ এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডের

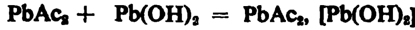
সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে ক্ষারকীয় লেড-অ্যাসিটেট ও পরে সীসশ্বেত বা white lead উৎপাদন করে।



$$2Pb + O_2 + 2H_2O = 2Pb(OH)_2$$



$$Pb(OH)_2 + 2AcH = PbAc_2 + 2H_2O$$



$$PbAc_2 + Pb(OH)_2 = PbAc_2, [Pb(OH)_2]$$



$$3[PbAc_2, Pb(OH)_2] + 4CO_2 + 2H_2O = 2[PbCO_3]_2, Pb(OH)_2 + 6AcH$$

[ AcH, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ]

আরও বিভিন্ন পদ্ধতিতে সীসশ্বেত তৈয়ারী হয়। তন্মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণপদ্ধতি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। তড়িৎ-বিশ্লেষণ-সেলে লেডের অ্যানোড এবং লোহার ক্যাথোড প্লেট ব্যবহার করা হয়। অ্যানোড এবং ক্যাথোডের মধ্যে একটি সচ্ছিদ্র ঝিল্লী বা পর্দা (diaphragm) থাকে। অ্যানোড সোডিয়াম-অ্যাসিটেট (সামান্য সোডিয়াম কার্বনেট এবং ক্লোরেট মিশ্রিত) দ্রবণে রাখা হয়। ক্যাথোড সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে থাকে। তড়িৎ-প্রবাহ দিলে অ্যানোড হইতে যে লেড আয়নিত হয় উহা তৎক্ষণাৎ ক্ষারকীয় লেড-কার্বনেটে পরিণত হইয়া সেলের নীচে জমিতে থাকে। এই অধঃক্ষেপ বাহির করিয়া লইয়া ভাল করিয়া ধুইয়া ও শুকাইয়া লওয়া হয়।



$$Pb \rightleftharpoons Pb^{++} + 2e \;;\; 3Pb^{++} + 2OH^- + 2CO_3^{--} = 2PbCO_3, Pb(OH)_2$$

সাদা রঙ হিসাবে প্রচুর সীসশ্বেত ব্যবহার হইলেও ইহার দুইটি দোষ আছে। প্রথমতঃ ইহা একটি বিষাক্ত দ্রব্য। দ্বিতীয়তঃ, বাতাসের সামান্য $H_2S$-গ্যাস দ্বারা ধীরে ধীরে ($PbS$ হওয়ার জন্য) এই রঙ কালো হইতে থাকে।

**১৭-৬১। কয়েকটি প্লাম্বিক যৌগ।** লেডের প্রধান প্লাম্বিক যৌগ, $PbO_2$, লেড ডাই-অক্সাইডের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। অন্যান্য যৌগের মধ্যে আছে, $PbCl_4$, $Pb(Et)_4$, $Pb(Ac)_4$ ইত্যাদি।

**লেড-টেট্রাক্লোরাইড, $PbCl_4$।** সরাসরি লেড এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়াতে ইহা পাওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে একটি পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

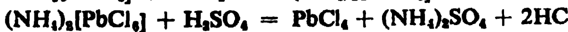
লেড-ডাই-অক্সাইডকে খুব শীতল গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিলে যে হলুদ দ্রবণ হয় উহাতে ক্লোরোপ্লাম্বিক অ্যাসিড $H_2[PbCl_6]$ থাকে। এই দ্রবণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দিলে, অ্যামোনিয়াম ক্লোরোপ্লাম্বেট কেলাসিত হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরো-প্লাম্বেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা বিয়োজিত করিলে, ভারী হলুদ তেলের মত লেড-টেট্রা-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হয়। সহজেই উহাকে পৃথক করিয়া সংগ্রহ করা যায়।



$$PbO_2 + 6HCl = H_2[PbCl_6] + 2H_2O$$

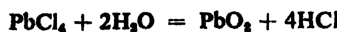


$$H_2[PbCl_6] + 2NH_4Cl = (NH_4)_2[PbCl_6] + 2HCl$$



$$(NH_4)_2[PbCl_6] + H_2SO_4 = PbCl_4 + (NH_4)_2SO_4 + 2HC$$

লেড টেট্রাক্লোরাইড একটি ভারী হলুদ তেলের মত পদার্থ, ঘনত্ব, 3.18, স্ফুটনাঙ্ক $-15°C$। জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষণ হেতু ইহা আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হইতে থাকে।



$$PbCl_4 + 2H_2O = PbO_2 + 4HCl$$

তাপপ্রয়োগে উহা বিযোজিত হয় এবং 105°C উষ্ণতায় বিস্ফোরণ ঘটে।



$$PbCl_4 = PbCl_2 + Cl_2$$

সমযোজী যৌগ বলিয়া লেড টেট্রাক্লোরাইডের কোন তড়িৎ-পরিবাহিতা নাই এবং উহা নানা জৈবদ্রাবকে দ্রাব্য। সহজেই উহা জটিল যৌগে (ক্লোরোপ্লাম্বেটে) পরিণত হয়।

**লেড-টেট্রাঅ্যাসিটেট,** $Pb(CH_3COO)_4$। উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডে রেড লেড ($Pb_3O_4$) দ্রবিত করিয়া ইহা তৈয়ারী করা হয়। দ্রবণটি শীতল করিলে লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়।



$$Pb_3O_4 + 8AcH = PbAc_4 + 2PbAc_2 + 4H_2O$$

দ্রবণে $Cl_2$ প্রবাহিত করিলে লেড অ্যাসিটেটও জারিত হইয়া টেট্রাঅ্যাসিটেট দেয়:



$$2PbAc_2 + Cl_2 = PbAc_4 + PbCl_2$$

অন্যান্য প্লাম্বিক যৌগ অপেক্ষা বেশী স্থায়ী হইলেও ইহা সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং উত্তাপে বিয়োজিত হইয়া যায়। ইহাও সমযোজী যৌগ এবং বেনজিন, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদিতে দ্রবণীয়। জৈবরসায়নে জারক হিসাবে ইহা কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়; যেমন, অ্যাসিটোন→ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন।

**লেড-টেট্রাইথাইল,** $Pb(C_2H_5)_4$। সোডিয়াম-লেড সংকরের (10% Na) সঙ্গে ইথাইল ক্লোরাইড বাষ্পের বিক্রিয়াতে লেড-টেট্রাইথাইল পাওয়া যায়। পিরিডিন এই বিক্রিয়াতে অনুঘটকের কাজ করে।



$$4Na\text{-}Pb + 4C_2H_5Cl = Pb(C_2H_5)_4 + 4NaCl + 3Pb$$

অথবা, ইথাইল-ম্যাগনেসিয়াম-ব্রোমাইডের সঙ্গে লেড-ক্লোরাইডের গ্রিগনার্ড বিক্রিয়াতে এই পদার্থটি উৎপন্ন হয়:



$$2PbCl_2 + 4MgC_2H_5Br = Pb + Pb(C_2H_5)_4 + 2MgBr_2 + 2MgCl_2$$

লেড-টেট্রাইথাইল জলে দ্রব হয় না বা জলদ্বারা আক্রান্ত হয় না। ইঞ্জিনের পেট্রোলের প্রত্যাঘাতক (anti-knock) বা বিস্ফোরণ-নিবারকরূপে পেট্রোলের সঙ্গে উহা সামান্য মিশাইয়া লওয়া হয়।

**প্লাম্বেট লবণ।** লেড-ডাই-অক্সাইড ক্ষারের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে বা গালাইয়া লইলে বিভিন্ন প্লাম্বেট লবণ প্রস্তুত হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম অর্থোপ্লাম্বেট, $Ca_2(PbO_4)$, পটাসিয়াম মেটা-প্লাম্বেট, $K_2[PbO_3]$, সোডিয়াম হেক্সা-হাইড্রোক্সো-প্লাম্বেট, $Na_2[Pb(OH)_6]$। ইহারা যথাক্রমে অর্থোপ্লাম্বিক অ্যাসিড, $H_4PbO_4$, মেটাপ্লাম্বিক অ্যাসিড, $H_2PbO_3$ এবং হেক্সা-হাইড্রোক্সো-প্লাম্বিক অ্যাসিডের $H_2[Pb(OH)_6]$ লবণ। ইহারাও আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। এই প্লাম্বেটগুলি অনুরূপ প্লাটিনাম বা টিনের যৌগের সঙ্গে সমাকৃতিক।

১৭-৬২। লেড যৌগের পরীক্ষা। **শুষ্ক পরীক্ষা।** চারকোলে সোডিয়াম কার্বনেটসহ বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে চারকোলের উপরে হলুদ ছটা পড়ে এবং লেডের গুটি পাওয়া যায়। এই গুটি কাগজে দাগ কাটে এবং নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত হয়।

**সিক্ত পরীক্ষা।** লেডের লবণের দ্রবণে (যথা, $Pb(NO_3)_2$) বিভিন্ন বিকারক দিলে নানা অধঃক্ষেপ দেয়:

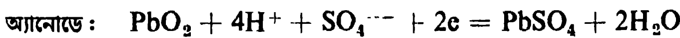
| বিকারক | পর্যবেক্ষণ | বিক্রিয়া |
|---|---|---|
| (ক) HCl | —সাদা অধঃক্ষেপ গরম জলে দ্রাব্য | — $Pb(NO_3)+2HCl = PbCl_2 \downarrow +2HNO_3$ |
| (খ) KI | —হলুদ অধঃক্ষেপ, ফুটন্ত জলে দ্রাব্য। ঠাণ্ডা করিলে সুন্দর সোনালী $PbI_2$ কেলাসিত হয়। | — $Pb(NO_3)_2 + 2KI = PbI_2 \downarrow +2KNO_3$ |
| (গ) $K_2CrO_4$ | —হলুদ অধঃক্ষেপ, অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। | — $Pb(NO_3)_2 + K_2CrO_4 = PbCrO_4 \downarrow +2KNO_3$ |

কোন মিশ্রণে বা যৌগে লেডের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে উহাকে সম্পূর্ণরূপে লেড-সালফেট বা ক্রোমেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ওজন করিয়া লইতে হয়।

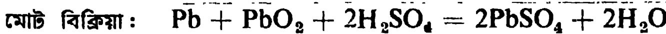
**১৭-৬৩। সীসার সংচায়ক সেল বা লেড-অ্যাকুমুলেটর (Lead storage cell or accummulator)।** বস্তুতঃ ইহা একটি পরাবর্ত ভোল্টীয় সেল (reversible cell)। দুই প্রস্থ লেডের প্লেট ইহার অ্যানোড ও ক্যাথোড। ক্যাথোড-এর উপর বিশুদ্ধ লেডধাতু পরিন্যস্ত থাকে আর অ্যানোডের উপরে একটি লেড-ডাই-অক্সাইডের স্তর থাকে। এই অ্যানোড ও ক্যাথোড প্লেট পরপর সমান্তরাল ভাবে ঝুলাইয়া নাতিগাঢ় $H_2SO_4$-এ আংশিক নিমজ্জিত রাখা হয়। অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব মোটামুটি (25%) এবং ঘনত্ব 1.2। এই সেল হইতে প্রয়োজনমত যখন তড়িৎ সংগ্রহ করা হয় তখন উহার অভ্যন্তরে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। $H_2SO_4$-এর বিশ্লেষণের ফলে নিম্নোক্ত উপায়ে ক্যাথোডের লেড ধীরে ধীরে লেড সালফেটে পরিণত হয় এবং অ্যানোডের $PbO_2$ ও বিজারণের ফলে লেডসালফেটে পরিণত হয়।



ক্যাথোডে: $Pb + SO_4^{--} = PbSO_4 + 2e$



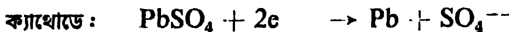
অ্যানোডে: $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{--} + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$



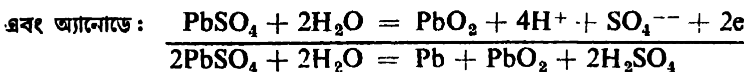
মোট বিক্রিয়া: $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O$

প্রথমে ইহার ভোল্টেজ বা বিভব থাকে, 2.0 volt, যতই তড়িৎবিমুক্ত করা হয়, বিভব কমিতে থাকে, এবং বিভব 1.8 হইলে সেলটিকে আবার আহিত করা হয়।

দুইটি ইলেকট্রোডেই $PbSO_4$ স্তর রহিয়াছে। বাহিরের কোন উচ্চবিভবযুক্ত উৎস হইতে এখন ঐ সেলে বিপরিত দিক হইতে তড়িৎ পরিচালিত করা হয়। ইহাতে



ক্যাথোডে: $PbSO_4 + 2e \rightarrow Pb + SO_4^{--}$



এবং অ্যানোডে: $PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{--} + 2e$

$$2PbSO_4 + 2H_2O = Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4$$

এইভাবে সেলের মধ্যে ঠিক সম্পূর্ণ বিপরীত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উহার ইলেকট্রোডগুলি ঠিক পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসিবে। উহার বিভবও আবার 2.0 ভোল্ট হইবে। অতএব, সেলটিকে আবার আহিত্র করা হইল।

বলা যায়, রাসায়নিক শক্তিকে এই সংচায়ক সেলে জড় করিয়া রাখা হইয়াছে এবং প্রয়োজনমত উহাকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করিয়া ব্যবহার করা যায়। এই জন্যই

ইহাকে সংচায়ক বা storage সেল বলে। আহিত করার সময় $H_2SO_4$ উপজাত হয়। আবার সেল হইতে তড়িৎ-গ্রহণ কালে সেই অ্যাসিডটুকু ব্যয়িত হয়। সুতরাং সেলের অ্যাসিডের ঘনত্ব মাঝে মাঝে হাইড্রোমিটারদ্বারা মাপিলেই উহার কার্যকারিতা জানা যায়।

## অনুশীলনী

১। বোরণ ও সিলিকনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ও উহাদের প্রধান প্রধান যৌগ-সমূহ, বিশেষতঃ অক্সাইডসমূহ ও অক্সি-অ্যাসিডসমূহ সম্বন্ধে একটি তুলনা কর।

২। কার্বন, সিলিকন, টিন ও লেডের বিভিন্ন যোজ্যতায় হাইড্রাইড, অক্সাইড, হ্যালাই-ডের তুলনামূলক আলোচনা কর।

৩। কাচের সংজ্ঞা দাও। ইহা কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? কাচের কোমলায়ন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। রঙীন কাচ কিরূপে পাওয়া যায়?

৪। নিম্নলিখিত বস্তুগুলি কিরূপে প্রস্তুত করা হয়?
(ক) প্রোডিউসার গ্যাস, (খ) নিকেল কার্বনিল, (গ) সোডিয়াম সিলিকেট, (ঘ) কার্বরাণ্ডাম, (ঙ) ওয়াটার গ্যাস, (চ) ফসজেন। উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

৫। কোল-গ্যাস কি? উহা কিরূপে উৎপাদন করা হয়? কোল-গ্যাস উৎপাদনের সময় যে সকল প্রধান প্রধান উপজাত দ্রব্য পাওয়া যায়, ব্যবহারসহ তাহাদের উল্লেখ কর।

৬। প্রোডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস, ও সেমি-ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুতের রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

৭। সিলিকা হইতে আরম্ভ করিয়া কিরূপে, (ক) সিলিকন টেট্রা-ক্লোরাইড, (খ) হাইড্রো-ফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড, (গ) ওয়াটার গ্লাস, (ঘ) কলয়ডীয় সিলিসিক অ্যাসিড, (ঙ) কার্বরাণ্ডাম, ও (চ) সিলিকন মৌল পাওয়া যাইবে? উহাদের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

৮। টিন কিরূপে ইহার আকরিক হইতে পাওয়া যায়? টিনের শিল্প-ব্যবহার উল্লেখ কর।
ধাতব টিন হইতে, (ক) স্ট্যানাস ক্লোরাইড, (খ) স্ট্যানিক ক্লোরাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

৯। পুরানো তেলের-টিন হইতে কিরূপে টিনের উদ্ধার সম্ভব? (পাঞ্জাব সাপ্লিঃ) স্ট্যানাস ও স্ট্যানিক টিনের সহিত প্লাম্বাস ও প্লাম্বিক লেডের তুলনা কর। ল্যাবরেটারীতে কিরূপে টিনের পরীক্ষা করিবে?

১০। টীকা লিখ: (ক) কার্বনের বহুরূপতা; (খ) ধাতব কার্বাইডসমূহ; (গ) সিলিসিক অ্যাসিড ও সিলিকেটসমূহ; (ঘ) টিন-প্রলেপন; (ঙ) লেডের বিভিন্ন সংকর।

১১। লেডের প্রধান আকরিক, উহার অন্যান্য দরকারী উপাদানসহ নাম কর। আকরিক হইতে লেড নিষ্কাশনে যে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা বর্ণনা কর। অবিশুদ্ধ লেডে সর্বদাই সিলভার থাকে। লেডকে সিলভারমুক্ত করিবার কোনও প্রক্রিয়া জান কি? প্রক্রিয়াটি বর্ণনা কর।

১২। নিম্নলিখিত লেড যৌগগুলির প্রস্তুতি, প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ: (ক) রেড লেড, (খ) লেড মনোক্সাইড, (গ) লেড ক্রোমেট, (ঘ) ক্ষারীয় লেড কার্বনেট, (ঙ) লেড টেট্রাক্লোরাইড, (চ) লেড টেট্রাঅ্যাসিটেট।

১৩। নিম্নলিখিত ব্যাপারগুলি ব্যাখ্যা কর:
(ক) পানীয় জলের জন্য লেড-পাইপ ব্যবহার করা নিরাপদ নয়। (খ) হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডে লেড-পাইপ মন্থরগতিতে ক্ষয় পায় কিন্তু অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডে উহা দ্রুত ক্ষয় পায়।
(গ) লেড-সঞ্চয়ক কোষকে আহিত ও অনাহিত করিবার বিক্রিয়াগুলি।
(ঘ) ল্যাবরেটারীতে লেডের লবণের সিক্ত পরীক্ষায় উহাকে প্রথম ও দ্বিতীয় উভয় শ্রেণীতেই পাওয়া সম্ভব।

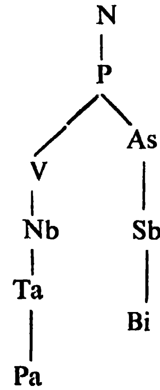
১৪। সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ: (১) কার্বোরাণ্ডাম (২) কার্বনের বহুরূপতা (৩) হোয়াইট লেড (৪) ক্যালসিয়াম কার্বাইড।

১৫। নিম্নোক্ত যৌগগুলির প্রস্তুত-পদ্ধতি ও ধর্মগুলির বর্ণনা দাও।
(ক) সোডিয়াম সিলিকেট (খ) সিলিসিক অ্যাসিড (গ) সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড (ঘ) হাইড্রোফ্লুয়ো-সিলিসিক অ্যাসিড (ঙ) বোরাক্স (চ) মেটাবোরিক অ্যাসিড।

# পঞ্চম শ্রেণীর মৌল

## নাইট্রোজেন, ফসফরাস, অ্যার্সেনিক, আন্টিমনি ও বিসমাথ

পর্যায় সারণীর পঞ্চম শ্রেণীতে নয়টি মৌলের স্থান হইয়াছে। অন্যান্য শ্রেণীর মত ইহাদেরও দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। A-উপশ্রেণীতে আছে চারটি মৌল—ভ্যানাডিয়াম, নাইয়োবিয়াম, ট্যান্‌টালাম এবং প্রোটো-অ্যাকটিনিয়াম। ইহারা সকলেই ধাতব মৌল, শেষেরটি তেজষ্ক্রিয়ও বটে। ভূপৃষ্ঠে ইহাদের পরিমাণও সামান্য এবং ব্যবহারিক প্রয়োগ (ভ্যানাডিয়াম ব্যতীত) বেশী নয়। B-উপশ্রেণীতে রহিয়াছে— নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি এবং বিসমাথ। প্রথম দুই পর্যায়ের নাইট্রোজেনও ফসফরাস আদর্শ-মৌল হইলেও, উহারা অধাতব এবং আর্সেনিক প্রভৃতির সঙ্গে যথেষ্ট ধর্মগত সাদৃশ্য থাকার জন্য উহাদের B-উপশ্রেণীর অন্তর্গত ধরা হয়। উভয় উপশ্রেণীর মৌলেরই প্রধান যোজ্যতা তিন এবং পাঁচ। ইহাই এক শ্রেণীভুক্ত হওয়ার প্রধান হেতু।

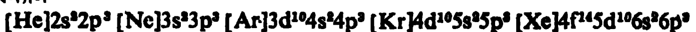



আমরা এখানে কেবলমাত্র B-উপশ্রেণীর পাঁচটি মৌলের বিষয় আলোচনা করিব। এই উপশ্রেণীতে অধাতব নাইট্রোজেন হইতে আরম্ভ করিয়া ধাতব বিসমাথ পর্যন্ত পাঃ গুরুত্বের বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের ধর্মের যে সুস্পষ্ট ক্রম-পরিবর্তন দেখা যায়, পর্যায় সারণীর আর কোথাও তাহা পরিলক্ষিত হয় না।

**১৮-১। পঞ্চম শ্রেণীর B-শাখার মৌলের তুলনা।** এই উপশ্রেণীতে পাঁচটি মৌল, নাইট্রোজেন (N), ফসফরাস (P), আর্সেনিক (As), অ্যান্টিমনি (Sb) এবং বিসমাথ (Bi)। পাঃ গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই মৌলগুলির ভৌতধর্ম এবং রাসায়নিক ধর্মের ক্রমান্বয়ে পরিবর্তন ঘটে। উহাদের ভৌতধর্মগুলির একটি তালিকা প্রথমে দেওয়া হইতেছে :

### (১) ভৌতধর্ম

| ধর্ম | N | P | As | Sb | Bi |
|---|---|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 7 | 15 | 33 | 51 | 83 |
| পাঃ গুরুত্ব | 14.008 | 30.97 | 74.92 | 121.76 | 208.99 |
| ইলেকট্রন-বিন্যাস | $[He]2s^2 2p^3$ | $[Ne]3s^2 3p^3$ | $[Ar]3d^{10}4s^2 4p^3$ | $[Kr]4d^{10}5s^2 5p^3$ | $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2 6p^3$ |

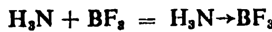


| ধর্ম | N | P | As | Sb | Bi |
|---|---|---|---|---|---|
| পাঃ ব্যাসার্ধ (A°) | 0.74 | 1.10 | 1.21 | 1.41 | 1.52 |
| অপরা বিদ্যুৎধর্মিতা | 3.0 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.7 |
| ঘনত্ব (কঠিন) | 1.026 | 1.823 | 5.7 | 6.71 | 9.80 |
| গলনাঙ্ক °C | -210° | 44.1° | 814.5° | 630.5° | 271° |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | -195.8° | 287° | 615° (ঊর্দ্ধপাতন) | 1380° | 1450° |

(২) ভৌতধর্মের এই ক্রমান্বয়তা রাসায়নিক আচরণেও পরিস্ফুট। নাইট্রোজেন এই শ্রেণীর মৌল নিশ্চিতরূপে একটি অধাতু, ফসফরাসও অধাতু। কিন্তু তাহার পর আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনিতে ধাতব এবং অধাতব দুই প্রকার ধর্মই দেখা যায়। যদিও প্রায়ই ইহাদের ধাতু বলিয়া ধরা হয়, উহারা ধাতুকল্প (metalloid)। শেষ মৌলটি বিসমাথ অবশ্য ধাতু। অর্থাৎ অধাতু হইতে পাঃ গুরুত্বের সঙ্গে ক্রমে ক্রমে ধাতুতে শেষ হইয়াছে। এই নির্দিষ্ট ক্রম-বিবর্তন এই শ্রেণীর প্রধান বৈশিষ্ট্য।

(৩) সাধারণ অবস্থায় এই মৌলের অণুগুলি কোনটিই একপরমাণুক নহে,— $N_2$, $P_4$, $As_4$, $Sb_2$, $Bi_2$ নাইট্রোজেন ছাড়া, অপর সব মৌলেরই একাধিক রূপভেদ আছে। বিভিন্ন মৌলের অনুরূপ রূপভেদ একই রকম সমাকৃতিক ঘনাকার স্ফটিকে কেলাসিত হয়।

(৪) সব মৌলেরই পরমাণুর সর্ববহিস্থ স্তরে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে, $s^2p^3$। সুতরাং প্রত্যেকেরই প্রধান যোজ্যতা তিন এবং পাঁচ। যেমন, $PCl_3$, $PCl_5$, $As_2O_5$ ইত্যাদি। কোন কোন ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যা চার হইতে পারে। যেমন, $N_2O_4$, $Sb_2O_4$। ত্রিযোজী যৌগগুলিতে তিনটি p-ইলেকট্রন অংশ গ্রহণ করে, সুতরাং উহাতে একজোড়া অযুক্ত ইলেকট্রন থাকে। ইহার সাহায্যে সেইসকল যৌগ আবার যুতযৌগিক সৃষ্টি করিতে পারে।



$$H_3N + BF_3 = H_3N \rightarrow BF_3$$

[নাইট্রোজেনের $N_2O$ এবং NO অক্সাইডে জারণ সংখ্যা এক এবং দুই, অন্য কোনটির ইহা নাই] পঞ্চযোজী যৌগগুলি প্রায় সবই সমযোজী যৌগ এবং এই অবস্থায় মৌলগুলির অধাতব গুণই লক্ষ্যনীয়।

পঞ্চযোজী ক্যাটায়ন $X^{5+}$ হওয়া দুরূহ এবং উহা দেখা যায় না। কিন্তু ধাতব অ্যান্টি-মনি এবং বিসমাথের $X^{3+}$ ত্রিযোজী ক্যাটায়নের দৃষ্টান্ত যথেষ্ট আছে।

(৫) সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন একটি গ্যাস, অপর কয়টি কঠিনাকার। নাইট্রোজেন হইতে বিসমাথের দিকে অগ্রসর হইলে ক্রমশঃ মৌলের অধাতব প্রকৃতি কমিতে থাকে অর্থাৎ পরাবিদ্যুৎগুণ বাড়িতে থাকে। ফসফরাসের একটি রূপভেদ খুবই সক্রিয়। কিন্তু অপর মৌলগুলির রাসায়নিক সক্রিয়তা তেমন তীব্র নয়। নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে খুব সামান্যই যুক্ত হয় এবং তাহাও অনেক উচ্চ তাপমাত্রায়। সাদা ফসফরাস (অধাতু) অবশ্যই বাতাসেই স্বতঃজারিত হয়। অন্যান্য তিনটি মৌল উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের অক্সাইড আম্লিক, বিসমাথের ক্ষারীয়। অপর দুইটির অক্সাইড উভধর্মী।

লঘু HCl বা $H_2SO_4$ অ্যাসিডের সঙ্গে মৌলগুলির কোন বিক্রিয়া হয় না। গাঢ় $H_2SO_4$ অ্যাসিডে ফসফরাস এবং আর্সেনিক হইতে $H_3PO_4$ ও $H_3AsO_4$ পাওয়া যায়। কিন্তু অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের সঙ্গে $H_2SO_4$ অ্যাসিড সালফেট লবণ দেয়।

কস্টিক সোডার সঙ্গে ফুটাইলে ফসফরাস হইতে হাইপোফসফাইট পাওয়া যায়; আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি হইতে আর্সেনাইট ও অ্যান্টিমনাইট উৎপন্ন হয়; বিসমাথের সঙ্গে ক্ষারের কোন বিক্রিয়া নাই।

এই সকল আচরণ হইতে উহাদের ধাতব প্রকৃতির ক্রমবিকাশই প্রমাণিত হয়। মৌল-গুলির যৌগসমূহও এই ক্রমবিকাশের পথ অনুসরণ করে।

(৬) **হাইড্রাইড।** এই উপশ্রেণীর পাঁচটি মৌলেরই ত্রিযোজী হাইড্রাইড, $XH_3$ আছে, তবে $BiH_3$ অত্যন্ত অস্থায়ী এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় উহা পাওয়া দুষ্কর।

অধাতু নাইট্রোজেন হইতে ধাতু বিসমাথের দিকে যতই অগ্রসর হওয়া যায়, উহাদের হাইড্রাইডের স্থায়িত্ব ততই কমে। উহাদের বিযোজনের তাপমাত্রা হইতেও তাহা বুঝা যায়।

| | $NH_3$ | $PH_3$ | $AsH_3$ | $SbH_3$ |
|---|---|---|---|---|
| বিযোজন তাপমাত্রা (°C) | 1300° | 440° | 230° | 150° |

শুধু তাই নয়, হাইড্রাইডের ক্ষারকত্বও পাঃ গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পায়। অ্যামোনিয়া ($NH_3$) নিশ্চিতই ক্ষার, উহার জলীয় দ্রবণ মৃদু ক্ষাররূপে পাওয়া যায়। বিভিন্ন অ্যাসি-ডের সঙ্গে উহার লবণ তৈয়ারী হয়। ফস্‌ফিনেরও ($PH_3$) মৃদু ক্ষারকত্ব আছে। যদিও উহার জলীয় দ্রবণ প্রশম, তবু উহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া ফসফনিয়াম লবণ দেয়। আরসাইন ($AsH_3$) এবং স্টিবাইন ($SbH_3$)—ইহাদের ক্ষারীয় গুণ নাই, এবং অ্যাসিডের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে না।

অ্যামোনিয়া এবং ফসফিন জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম এবং ফসফনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করে। ইহারা ক্ষারীয়। অ্যামোনিয়াম বা ফসফনিয়াম হাইড্রক্সাইডের হাই-ড্রোজেন যদি অ্যালকিলমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় তবে উহারা তীব্রতর ক্ষারে পরিণত হয়। $N(CH_3)_4OH$ একটি তীব্র ক্ষার।

অ্যামোনিয়ার বিজারণগুণ কিছু আছে। অন্য হাইড্রাইডগুলির বিজারণ ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। উহারা $AgNO_3$- দ্রবণকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।



$$2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3H_2O + Cu$$



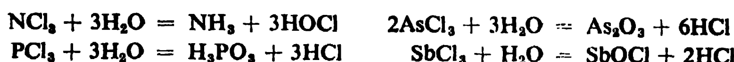
$$AsH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 6HNO_3 + H_3AsO_3$$

নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের একাধিক হাইড্রাইড আছে; $NH_3$, $N_2H_4$ এবং $N_3H$; $PH_3$ এবং $P_2H_4$।

(৭) **ক্লোরাইড।** পাঁচটি মৌলেরই ট্রাইক্লোরাইড $XCl_3$ পাওয়া যায়। $NCl_3$ পরোক্ষ উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। অন্যান্য ট্রাইক্লোরাইড মৌলের সঙ্গে সরাসরি ক্লোরিনের সংযোগে

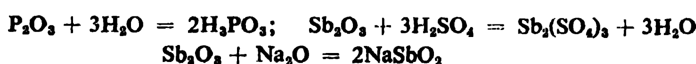
উৎপন্ন হয়। নাইট্রোজেন এবং বিসমাথের কোন পেন্টা-ক্লোরাইড নাই, অন্য তিনটি মৌলের পেন্টা-ক্লোরাইড ট্রাইক্লোরাইড ও অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়াতে পাওয়া যায়।

এই সমস্ত ট্রাইক্লোরাইডই সমযোজী যৌগ, সবগুলিই বিশেষ উদ্বায়ী। জলের সঙ্গে উহাদের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিভিন্ন ক্ষেত্রে এক রকম নয়। বিসমাথ ও অ্যান্টিমনি ক্লোরাইড হইতে অক্সিক্লোরাইড হয়, ফসফরাস-ক্লোরাইড হইতে উহার অ্যাসিড পাওয়া যায়। আর্সেনিক ক্লোরাইড আর্দ্র-বিশ্লেষণে অক্সাইড সৃষ্টি করে, আর $NCl_3$ হইতে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।



$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl \qquad 2AsCl_3 + 3H_2O = As_2O_3 + 6HCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl \qquad SbCl_3 + H_2O = SbOCl + 2HCl$$

(৮) **অক্সাইড।** সব কয়টি মৌলেরই ট্রাই-অক্সাইড $X_2O_3$ এবং পেন্টোক্সাইড $X_2O_5$ পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের অক্সাইড আম্লিক। উহার পর অক্সাইডের ক্ষারকত্ব বাড়িতে থাকে। আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনি অক্সাইড উভধর্মী, বিসমাথ অক্সাইড ক্ষারকীয়। এখানেও অধাতু হইতে ধাতুর দিকে ধারাবাহিকতা স্পষ্ট।



$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3; \quad Sb_2O_3 + 3H_2SO_4 = Sb_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$Sb_2O_3 + Na_2O = 2NaSbO_2$$

মৌলগুলির সকলেরই অক্সি-অ্যাসিডও আছে; $HNO_3$, $H_3PO_4$, $H_3AsO_4$ ইত্যাদি। পাঃ গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই সকল অ্যাসিডের তীব্রতা স্বাভাবিকভাবেই হ্রাস পাইতে থাকে। অর্থাৎ নাইট্রিক অ্যাসিড ফসফরিক অ্যাসিড অপেক্ষা অনেক বেশী তীব্র এবং উহার বিয়োজন-মাত্রা অধিকতর।

নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও অ্যান্টিমনির $X_2O_4$-জাতীয় অক্সাইডও আছে। তাহা ছাড়া নাইট্রোজেনের আরও দুইটি প্রশম অক্সাইড $N_2O$ এবং $NO$ রহিয়াছে।

(৯) **সালফাইড।** সব মৌলেরই সালফাইড আছে। পাঃ গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের সালফাইডের স্থায়িত্বও বাড়ে। নাইট্রোজেনের সালফাইড, $N_4S_4$ অত্যন্ত অস্থায়ী একটু তাপ প্রয়োগেই বিস্ফোরণ ঘটে। ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $P_2S_5$-ও আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়; $P_2S_5 + 8H_2O = 2H_3PO_4 + 5H_2S$। আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনির ট্রাই- এবং পেন্টাসালফাইড হয়, $As_2S_3$, $As_2S_5$ এবং $Sb_2S_3$ এবং $Sb_2S_5$। বিসমাথের শুধু ট্রাই-সালফাইড, $Bi_2S_3$ আছে। আর্সেনিক ও অ্যান্টিমনি সালফাইড কস্টিক সোডাতে এবং অ্যামোনিয়াম সালফাইডে দ্রাব্য এবং জটিল থায়ো-লবণ উৎপন্ন করে। বিসমাথ সালফাইডের এইরূপ দ্রাব্যতা নাই বলিলেই চলে।



$$As_2S_3 + 3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4 + S$$

সালফাইডের এই ক্রমবর্ধমান ক্ষারকত্ব মৌলগুলির ক্রমবর্ধমান ধাতব প্রকৃতির সঙ্গে সম্পর্কিত।

(১০) এই উপশ্রেণীর মৌলসকল অনেক ধাতুর সঙ্গে সংযুক্ত হয় এবং ধাতব যৌগ গঠন করিয়া থাকে; যথা, $Li_3N$, $Ca_3P_2$, $Mg_3Sb_2$, $Mg_3Bi_2$ ইত্যাদি।

## নাইট্রোজেন

চিহ্ন, N ক্রমাঙ্ক, 7 পাঃ গুরুত্ব, 14.008 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^3$

বাতাসে মৌলিক অবস্থায় 78% নাইট্রোজেন আছে। নাইট্রোজেনের বিভিন্ন যৌগও প্রকৃতিতে প্রচুর। উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের বিভিন্ন প্রোটিনগুলি সবই নাইট্রোজেনের যৌগ। চিলি এবং দক্ষিণ আফ্রিকাতে সোডিয়াম নাইট্রেট খনিজ পদার্থও যথেষ্ট আছে।

**১৮-২। বাতাস।** পৃথিবীকে ঘিরিয়া যে গ্যাসীয় আবরণ রহিয়াছে উহাকে বলা হয় বাতাস বা বায়ুমণ্ডল। এই বায়ুই নাইট্রোজেনের প্রধান উৎস। বায়ুতে বিভিন্ন উপাদানের পরিমাণ:

| গ্যাস — | $N_2$ | $O_2$ | $H_2O$ | $CO_2$ | নিষ্ক্রিয় গ্যাস | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| শতকরা অনুপাত — | 77.16 | 20.6 | 1.40 | 0.04 | 0.80 | = 100.00 |

বলাবাহুল্য, মিশ্রণ বলিয়া বায়ুর উপাদান সমূহের অনুপাত সর্বত্র এবং সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না।

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। বায়ু যৌগিক পদার্থ নয়, উহা প্রধানতঃ অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। নানা যুক্তিতে ইহা প্রমাণ করা যায়।

(১) বায়ুর উপাদানগুলির অনুপাত বিভিন্ন স্থানে ও বিভিন্ন সময়ে এক নয়। বায়ু যদি অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইত তাহা হইলে উহাদের কোন অবস্থাতেই অনুপাতের ব্যতিক্রম হইতে পারিত না। বায়ুতে আয়তন হিসাবে মোটামুটি চারিভাগ নাইট্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন আছে, অর্থাৎ উহাদের যৌগের সঙ্কেত হওয়া উচিত $N_4O$ এবং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী বায়ুর ঘনত্ব হইবে 36; কিন্তু বস্তুতঃ বায়ুর ঘনত্ব 14.4। সুতরাং বাতাস অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইতে পারে না।

(২) চারিভাগ নাইট্রোজেন একভাগ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইলে কোনরকম তাপ-বিনিময়ের লক্ষণ দেখা যায় না এবং মিলিত পদার্থটি ঠিক বাতাসের মত গুণসম্পন্ন হইয়া থাকে।

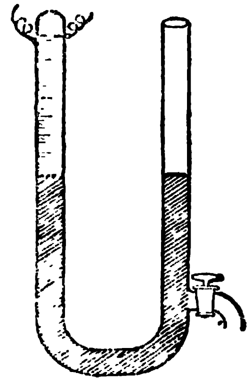
(৩) স্বাভাবিক অবস্থায় বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অনুপাত = 1:4 কিন্তু বাতাসের জলীয় দ্রবণে অক্সিজেনের পরিমাণ অধিক। দ্রবীভূত বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অনুপাত মোটামুটি 1:2। বাতাস যৌগিক পদার্থ হইলে এরূপ হওয়া সম্ভব নয়।

(৪) বাতাসের উপাদানগুলি অতি সহজেই পৃথক করা সম্ভব। (ক) বাতাসকে অত্যন্ত শীতল করিয়া অতিরিক্ত চাপে উহাকে প্রথমতঃ তরলিত করা হয়। তরল বাতাসকে আংশিক পাতন করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যায়। (খ) একটি সচ্ছিদ্র পর্সেলীনের নলের ভিতর দিয়া বাতাস পরিচালনা করিলে পর্সেলীনের ভিতর দিয়া অক্সিজেনের তুলনায় অধিকতর নাইট্রোজেন বাহির হইয়া আসে। বাতাস যৌগ-পদার্থ হইলে এরূপ হইতে পারে না।

এই সকল কারণেই বাতাসকে একটি মিশ্রণ বলিয়া মনে করা হয়।

## ১৮-৩। বায়ুর উপাদনসমূহের সংযুক্তি নির্ধারণ।

**আয়তন-সংযুতি।** একটি অংশাঙ্কিত U-আকৃতির গ্যাসমান যন্ত্রের সাহায্যে এই পরিমাপ করা হয়। উহার একটি বাহুর মুখ বন্ধ থাকে এবং এই আবদ্ধ প্রান্তে দুইটি প্লাটিনামের তার বাহির হইতে প্রবেশ করাইয়া কাচের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয় (চিত্র ১৮-ক)। U-নলটির অপর বাহুর নীচের দিকে একটি স্টপককযুক্ত নির্গম-নল লাগান থাকে। U-নলটির আবদ্ধ বাহুতে পারদের উপর খানিকটা কার্বন ডাই-অক্সাইডমুক্ত বাতাস প্রবেশ করান হয়। নির্গম-নলের সাহায্যে কিছু পারদ বাহির করিয়া দিয়া উভয় বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া মধ্যস্থ বায়ুর আয়তন $V_1 c.c.$ জানিয়া লওয়া হয়। তৎপর আবদ্ধ বাহুতে প্রায় সম পরিমাণ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবেশ করান হয় এবং আবার পারদ সমতলে আনিয়া বায়ু ও হাইড্রোজেন-মিশ্রণের আয়তন $V_2 c.c.$ স্থির করা হয়। অতঃপর নির্গম-নলের সাহায্যে অনেকটা পারদ বাহির করিয়া মিশ্রণের চাপ খুব কমাইয়া দেওয়া হয়। প্লাটিনাম তার দুইটি একটি আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া গ্যাস-মিশ্রণের ভিতর একটু বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি করিলেই বাতাসের অক্সিজেন হাই-ড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। ইহাতে বাতাসের সমস্তটুকু অক্সিজেন জলে পরিণত হয়। শীতল হইয়া U-নলটি পূর্ব উষ্ণতায় ফিরিয়া আসিলে জলীয় বাষ্পটুকু তরল জলে পরিণত হইবে। এই তরল জলের আয়তন বস্তুতঃ কিছুই নয়। অবশিষ্ট গ্যাসে শুধু নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন থাকিবে। দুইটি বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া এই পরিত্যক্ত গ্যাসের আয়তন $V_3 c.c.$ স্থির করা হয়। ইহা হইতেই বাতাসের আয়তন-সংযুতি নির্ধারণ সম্ভব।



চিত্র ১৮-ক
বায়ুর আয়তন-সংযুতি

**গণনা।** জল-উৎপাদনে আয়তন-হ্রাসের পরিমাণ $= (V_2 - V_3)$ ঘন সেন্টিমিটার কিন্তু জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন-অনুপাত $= 2 : 1$

অতএব $V_1$ ঘন সেন্টিমিটার বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ $= \dfrac{V_2 - V_3}{3}$ ঘন সেন্টিমিটার।

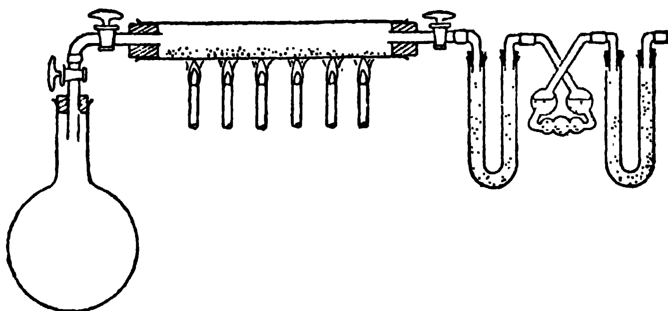
$\therefore$ 100 ঘন সেন্টিমিটার বায়ুতে অক্সিজেনের পরিমাণ $= \dfrac{V_2 - V_3}{V_1 \times 3} \times 100$ ঘন সেন্টিমিটার।

দেখা গিয়াছে, মোটামুটি বাতাসে অক্সিজেন শতকরা 21 ভাগ এবং নাইট্রোজেন 78 ভাগ থাকে।

**ওজন-সংযুতি (ডুমা'র প্রণালী)।** বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ওজন-সংযুতি স্থির করার জন্য নিম্নের (চিত্র ১৮-খ) অনুরূপ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

এই যন্ত্রের তিনটি বিভিন্ন অংশ আছে। (১) একটি বড় এবং শক্ত কাচের গোলাকার

পাত্র লওয়া হয়। উহার মুখে রবার কর্কের সাহায্যে একটি স্টপকক লাগান থাকে। পাম্পের সাহায্যে উহার ভিতরের সমস্ত বাতাস বাহির করিয়া লইয়া উহাকে বায়ুশূন্য করা হয়। তৎপর এই বায়ুশূন্য পাত্রটির ওজন স্থির করা হয়। (২) একটি দাহ-নল (combustion tube) ছোট ছোট কপারের ছিলাতে ভর্তি করিয়া লওয়া হয়। নলটির



চিত্র ১৮-খ। বায়ুর ওজন-সংযুতি

উভয় প্রান্তে দুইটি স্টপকক জুড়িয়া দেওয়া হয়। পাম্পের সাহায্যে তৎপর নলের ভিতর হইতে সমস্ত বাতাস বাহির করিয়া উহার ওজন স্থির করা হয়। অতঃপর কাচের গোলাকার পাত্রটি ও দাহ-নলটি পুরু রবার-নলের সাহায্যে যুক্ত করা হয়। (৩) দাহ-নলের অপরপ্রান্তে কয়েকটি ছোট অনার্দ্র ক্যালসিয়াম-ক্লোরাইড পূর্ণ U-নল এবং কয়েকটি পটাস-বাল্ব সংযুক্ত করা হয়। এখন দাহ-নলকে একটি চুল্লীর উপর রাখিয়া খুব উত্তপ্ত করা হয় এবং এই অবস্থায় স্টপককগুলি ঈষৎ খুলিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে ধীরে ধীরে বাতাস বায়ুশূন্য দাহ-নলে এবং পরে কাচের গোলাকে ঢুকিতে থাকিবে। বাতাস পটাস-বাল্ব এবং U-নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করার সময় উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প দূরীভূত হয়। বাতাস অতঃপর উত্তপ্ত কপারের সংস্পর্শে আসিলে উহার অক্সিজেন কপারের সহিত সংযোজিত হইয়া কপার-অক্সাইডে পরিণত হয়। নাইট্রোজেন গোলকে সঞ্চিত হয়। গোলকটি নাইট্রোজেন-পূর্ণ হইলে স্টপককগুলি বন্ধ করিয়া বায়ুপ্রবাহ রোধ করা হয়। যন্ত্রটি ওজন করা হয়। তারপর পাম্পের সাহায্যে দাহ-নলের নাইট্রোজেন বাহির করিয়া ফেলিয়া আবার উহার ওজন লওয়া হয়। ইহা হইতেই ওজন-সংযুতি স্থির করা সম্ভব।

**গণনা।** মনে কর, বায়ুশূন্য গোলকের ওজন $= w_1$ গ্রাম

নাইট্রোজেন-পূর্ণ গোলকের ওজন $= w_2$ গ্রাম

∴ গোলকের মধ্যস্থ নাইট্রোজেনের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

বায়ুশূন্য এবং কপার-পূর্ণ দাহ-নলের ওজন $= w_3$ গ্রাম

নাইট্রোজেন, কপার ও উহার অক্সাইড পূর্ণ দাহ-নলের ওজন $= w_4$ গ্রাম

(নাইট্রোজেনমুক্ত) কপার ও কপার অক্সাইড সহ দাহ-নলের ওজন $= w_5$ গ্রাম

∴ দাহ-নলের নাইট্রোজেনের ওজন $= (w_4 - w_5)$ গ্রাম

∴ সম্পূর্ণ নাইট্রোজেনের ওজন $= (w_2 - w_1) + (w_4 - w_5)$ গ্রাম

অক্সিজেনের ওজন $= (w_5 - w_3)$ গ্রাম

∴ বাতাসের ওজন = অক্সিজেনের ওজন + নাইট্রোজেনের ওজন

$= (w_5 - w_3) + (w_2 - w_1) + (w_4 - w_5)$ গ্রাম

∴ বাতাসে অক্সিজেন শতকরা $\dfrac{100 \times (w_5 - w_3)}{w_5 - w_3 + w_2 - w_1 + w_4 - w_5}$ ভাগ,

এবং নাইট্রোজেন শতকরা $\dfrac{100 \times (w_2 - w_1 + w_4 - w_5)}{w_5 - w_3 + w_2 - w_1 + w_4 - w_5}$ ভাগ আছে।

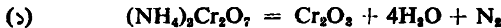
পরীক্ষায় দেখা যায়, ওজন অনুপাতে মোটামুটি অক্সিজেন 23% এবং নাইট্রোজেন 77%। বলা বাহুল্য, এই নাইট্রোজেনের সহিত নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ বর্তমান থাকে।

১৮-৪। নাইট্রোজেন-প্রস্তুতি। (ক) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি। ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের তাপবিযোজন হইতে নাইট্রোজেন তৈয়ারী করা হয়। বস্তুতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণের একটি মিশ্রণকে (1:1) ধীরে ধীরে একটি জলগাহে উত্তপ্ত করা হয়; নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং জলের উপর সংগ্রহ করা হয়।



$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl \quad ; \quad NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

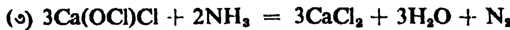
(খ) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট লবণের তাপ-বিভাজনে অথবা ক্লোরিন কিংবা ব্লীচিং-পাউডার দ্বারা অ্যামোনিয়ার জারণে নাইট্রোজেন তৈয়ারী করা যায়:



(১) $(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + 4H_2O + N_2$



(২) $3Cl_2 + 8NH_3 = 6NH_4Cl + N_2$

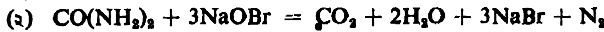


(৩) $3Ca(OCl)Cl + 2NH_3 = 3CaCl_2 + 3H_2O + N_2$

(গ) বেরিয়াম বা সোডিয়াম অ্যাজাইড যৌগের তাপ-বিয়োজনে কিংবা ইউরিয়ার সহিত হাইপোব্রোমাইটের বিক্রিয়াতে $N_2$ উৎপন্ন হয়।



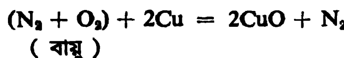
(১) $Ba(N_3)_2 = Ba + 3N_2 \quad ; \quad 2NaN_3 = 2Na + 3N_2$



(২) $CO(NH_2)_2 + 3NaOBr = CO_2 + 2H_2O + 3NaBr + N_2$

(ঘ) বাতাস হইতে অক্সিজেনকে পৃথক করিয়া লইয়া গেলে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে। ইহার জন্য দুইটি উপায় অবলম্বিত হয়।

(১) উত্তপ্ত কপার পরিপূর্ণ একটি নলের ভিতর দিয়া বারংবার বাতাস পরিচালিত করিলে উহার অক্সিজেন কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কাল কপার অক্সাইডে পরিণত হইবে এবং পরিশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন পাওয়া যাইবে।



$$\underset{(\text{বায়ু})}{(N_2 + O_2)} + 2Cu = 2CuO + N_2$$

(২) অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক, —183°C এবং নাইট্রোজেনের, —195°C। অতিরিক্ত চাপে এবং খুব কম উষ্ণতায় (—190°C) অনার্দ্র বিশুদ্ধ বাতাসকে তরলিত করিলে উহাতে প্রায় শতকরা 50% অক্সিজেন এবং 50% নাইট্রোজেন থাকে। এই তরল বাতাসকে আংশিক পাতন করিলে প্রায় অক্সিজেনমুক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। শিল্প-প্রয়োজনের নাইট্রোজেন অনেকস্থলে এইভাবেই প্রস্তুত করা হয়।

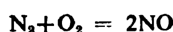
**নাইট্রোজেনের ধর্ম।** নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাসীয় পদার্থ। জলে উহার দ্রাব্যতা খুবই কম। গ্যাসটি দাহ্য নয় এবং দহনসহায়কও নয়। নাইট্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, অর্থাৎ উহার অণুতে দুইটি পরমাণু আছে। পরমাণু দুইটি ত্রিবন্ধদ্বারা যুক্ত, $N \equiv N$; এবং এই বন্ধন বেশ দৃঢ়। $N_2$-অণুর বিয়োজন-তাপ খুব বেশী—প্রায় 225 Kcal। এই কারণেই নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা বেশী দেখা যায় না। তবে উচ্চ তাপমাত্রায়, বিশেষতঃ চাপবৃদ্ধিতে, উহা কোন কোন পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হয়।

(১) হাইড্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেন উচ্চ চাপে এবং অধিক উষ্ণতায় (200 অ্যাটমসফিয়ার, 550°C) মিলিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে, লৌহচূর্ণ অনুঘটক এই বিক্রিয়াতে ব্যবহার করা হয়।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

(২) বিদ্যুৎ-শিখাতে নাইট্রোজেন-অক্সিজেন মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে (3000°C), নাইট্রিক-অক্সাইড উৎপন্ন হয়;



$$N_2 + O_2 = 2NO$$

(২) Ca, Mg, প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে উচ্চ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ধাতব নাইট্রাইড দেয়। এই নাইট্রাইডগুলির সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয়।



$$3Ca + N_2 = Ca_3N_2 \quad ; \quad Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে কালসিয়াম সায়নামাইড পাওয়া যায়।



$$CaC_2 + N_2 = CaNCN + C \quad ; \quad CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

[ক্যালসিয়াম সায়নামাইড ও কার্বনের ধূসর মিশ্রণকে 'নাইট্রোলিম' বলে]

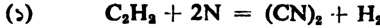
**ব্যবহার।** (১) অ্যামোনিয়া, নাইট্রোলিম প্রভৃতির জন্য প্রচুর নাইট্রোজেন প্রয়োজন হয়। (২) বৈদ্যুতিক বাল্‌বের ভিতরে এবং গ্যাস থার্মোমিটারেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

**১৮-৫। সক্রিয় নাইট্রোজেন (Active Nitrogen)।** খুব অল্প চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস লইয়া উহাতে তড়িৎক্ষরণ করাইলে ঐ গ্যাস হইতে মৃদু হলুদ আলোর বিকিরণ হইতে দেখা যায়। তড়িৎক্ষরণ বন্ধ করিয়া দিলেও গ্যাস হইতে আলোর বিকিরণ বা অবদীপ্তি বেশ খানিকক্ষণ চলিতে থাকে। এইরূপ তড়িতাহত অবস্থায় নাইট্রোজেনের যথেষ্ট রাসায়নিক তৎপরতা দেখা যায়, সেই জন্য ইহাকে 'সক্রিয় নাইট্রোজেন' বলা হয়।

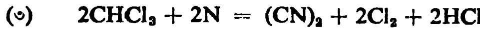
সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন হইতে এই অবদীপ্তি পাওয়া যায় না। নাইট্রোজেনের সঙ্গে অতি সামান্য পরিমাণে $O_2$, CO, $CO_2$, $H_2S$, $Cl_2$ প্রভৃতি কোন গ্যাস (0.1%) মিশ্রিত থাকা প্রয়োজন। পাত্রের অভ্যন্তরের দেয়ালে যদি মেটাফসফরিক অ্যাসিডের প্রলেপ দেওয়া থাকে, তবে এই অবদীপ্তি বিদ্যুৎক্ষরণ বন্ধ হওয়ার পর বেশ কয়েক ঘণ্টা থাকে।

**ধর্ম।** সক্রিয় নাইট্রোজেন অনেক রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটায় যেগুলি সাধারণ নাইট্রোজেনের পক্ষে সম্ভব নয়।

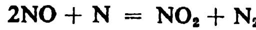
(১) অনেক জৈব-যৌগের সঙ্গে সক্রিয় নাইট্রোজেন স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিক্রিয়া করে;


(১) $C_2H_2 + 2N = (CN)_2 + H_2$


(২) $2CH_4 + 2N = 2HCN + 3H_2$


(৩) $2CHCl_3 + 2N = (CN)_2 + 2Cl_2 + 2HCl$

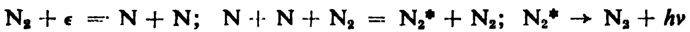
(২) নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে উহার বিশেষ বিক্রিয়া লক্ষ্যনীয়;


$$2NO + N = NO_2 + N_2$$

(৩) মারকারি, লাল ফসফরাস, আর্সেনিক, সালফার ক্লোরাইড, $CS_2$ প্রভৃতির সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহাদের নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। অনেক ধাতুর বাষ্পের সঙ্গেও সক্রিয় নাইট্রোজেন বিক্রিয়া করে এবং ধাতব নাইট্রাইড দেয়।

সক্রিয় নাইট্রোজেনের অবদীপ্তির কারণ সম্বন্ধে নানা রকম ব্যাখ্যা দেওয়া হইয়াছে। উহাদের মধ্যে দুই একটি এখানে উল্লেখ করা হইল।

(ক) অনেকে মনে করেন (Sponer, 1925), তড়িৎক্ষরণের সময় নাইট্রোজেন অণু শক্তি গ্রহণ করে এবং পরমাণুতে বিয়োজিত হইয়া যায়। পরে দুইটি পরমাণু এবং একটি সাধারণ নাইট্রোজেন অণুর মধ্যে ত্রৈমাত্রিক সংঘর্ষের ফলে নাইট্রোজেন পরমাণু উহার অণুতে আবার পরিণত হয়। এই নূতন অণুতে যে অতিরিক্ত শক্তি থাকে তাহাই আলোক তরঙ্গরূপে বাহির হইয়া আসে।


$$N_2 + \epsilon = N + N; \quad N + N + N_2 = N_2^* + N_2; \quad N_2^* \rightarrow N_2 + h\nu$$

( $N_2^*$ অতিরিক্ত শক্তিসঞ্জাত অণু)

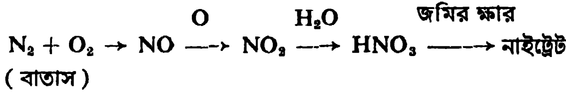
(খ) আবার কেহ কেহ মনে করেন, (Dhar; Saha & Sur), তড়িৎক্ষরণে কোন পারমাণবিক নাইট্রোজেন হয় না। কতকগুলি অণুই শক্তি শোষণ করিয়া শক্তিমান অণুতে ($N_2^*$) পরিণত হয়। উত্তরকালে উহা যখন সাধারণ অণুতে ফিরিয়া আসে তখন অতিরিক্ত শক্তিটুকু ধীরে ধীরে আলোকতরঙ্গাকারে বাহির হইয়া যায়; সেই কারণেই অবদীপ্তি দেখা যায়। বর্ণালী পরীক্ষাতে ইহার সমর্থন পাওয়া যায়।


$$N_2 + \epsilon = N_2^*; \qquad N_2^* \rightarrow N_2 + h\nu$$

**১৮-৬। নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক বিবর্তন-চক্র।** নাইট্রোজেন মৌল বাতাসে প্রচুর পরিমাণে আছে। আবার জীবজগতে প্রাণীদেহে ও উদ্ভিদ্-দেহেও প্রোটিন হিসাবে নাইট্রোজেন-যৌগ বহুল পরিমাণে বিদ্যমান। বাস্তবিক পক্ষে এই প্রোটিন ব্যতীত প্রাণী-জগতের অস্তিত্ব বা বৃদ্ধি মোটেই সম্ভব নয়। প্রোটিনের জন্য প্রাণী ও উদ্ভিদের নাইট্রোজেন খুবই প্রয়োজন। কিন্তু নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয়। সুতরাং বাতাসের এই নাইট্রোজেন সরাসরি কাজে লাগান বা জীবদেহে উহার রাসায়নিক মিলন ঘটান সম্ভব হয় না।

প্রকৃতির কতকগুলি নিয়মানুসারে বাতাসের নাইট্রোজেন জীবজগতের পক্ষে সহজলভ্য হয়।

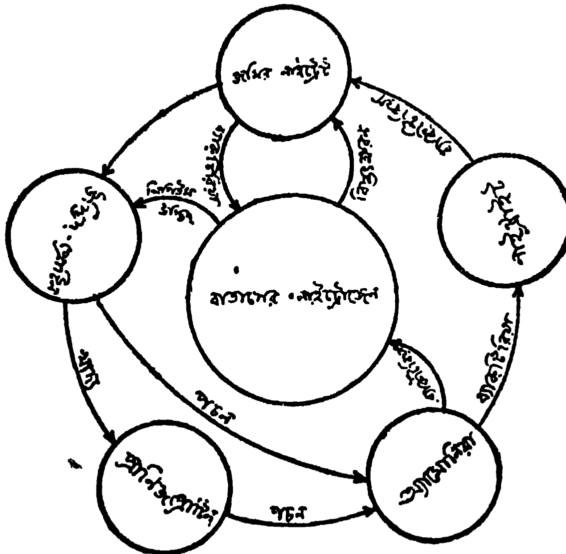
(১) আকাশের মেঘে বিদ্যুৎক্ষরণের ফলে নাইট্রিক অক্সাইডের সৃষ্টি হয় এবং পরে উহা নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হইয়া উহা মাটিতে আসে এবং সেখানে উহা জমির ক্ষারীয় উপাদানদ্বারা প্রশমিত হইয়া বিভিন্ন নাইট্রেট লবণের সৃষ্টি করে। এই নাইট্রেট উদ্ভিদ্ গ্রহণ করে এবং প্রোটিনে রূপান্তরিত করে।



$$\underset{\text{( বাতাস )}}{N_2 + O_2} \rightarrow NO \xrightarrow{O} NO_2 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 \xrightarrow{\text{জমির ক্ষার}} \text{নাইট্রেট}$$

(২) লিগুইমিনাস্ জাতীয় গাছের শিকড়ের উপর একপ্রকার অঙ্কুর জন্মে, উহাকে নডিউল (nodule) বলে। এই নডিউলে অবস্থিত অ্যাজোটোব্যাক্টার নামে এক প্রকার ব্যাকটিরিয়া সোজাসুজি বাতাসের নাইট্রোজেনকে যৌগে পরিণত করিয়া উদ্ভিদ্-খাদ্যের উপযোগী করিয়া দেয়।

এই দুইটি উপায়ে উদ্ভিদ্ উহার প্রোটিন সংগ্রহ করে। জন্তুরা সর্বদাই উদ্ভিদ্ হইতে খাদ্য গ্রহণ করিয়া নিজেদের প্রোটিন সঞ্চয় করে। জন্তুদের ভিতর যাহারা মাংসাশী উহারা আবার অপর জন্তুর মাংস, ডিম, দুধ ইত্যাদি হইতেও নিজেদের প্রোটিন পায়। মানুষ উদ্ভিদ্ ও অন্যান্য পশুজাত দ্রব্য হইতে তাহার প্রোটিন তৈয়ারী করে।




চিত্র ১৮-গ। নাইট্রোজেন বিবর্তন-চক্র

এইভাবে সমস্ত জীবজগতে বায়ুর নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হইলেও মোটামুটি বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনের পরিমাণ প্রায় স্থির থাকে। তাহার কারণ, কতকগুলি বিপরীত ক্রিয়াও প্রকৃতিতে সদাসর্বদা ঘটিতেছে এবং উহার ফলে আবার নাইট্রোজেন যৌগের উৎপাদন হইতেছে।

উদ্ভিদ্ বা জীবজন্তু ধ্বংসের পর উহার পচন সুরু হয়। ইহাতে উহাদের প্রোটিন-সমূহ অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম যৌগে (যথা, ইউরিয়া) পরিণত হয়। জমিতে এই সকল পদার্থ বিভিন্ন প্রকার ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে জারিত হইয়া প্রথমে নাইট্রাইট এবং পরে নাইট্রেটে পরিবর্তিত হইয়া যায়। এই সমস্ত নাইট্রেটের কতকাংশ উদ্ভিদ খাদ্যরূপে গ্রহণ করে। কিন্তু অপরাংশ আবার এক প্রকার ব্যাকটিরিয়ার দ্বারা নাইট্রোজেনে রূপান্তরিত হইয়া বাতাসে ফিরিয়া যায়। ইউরিয়া এবং কোন কোন অ্যামোনিয়াম যৌগের খানিকাংশ অন্যান্য ব্যাকটিরিয়ারদ্বারা বিভাজিত হইয়া নাইট্রোজেন গ্যাসে পরিণত হইয়া বাতাসে ফিরিয়া যায়। এইভাবে নাইট্রোজেন বায়ু হইতে অপসারিত হইয়া জীবজগতে প্রবেশ করে, আবার জীবজগতের ধ্বংস ও পচনের ফলে উহা বায়ুতে ফিরিয়া আসে। ইহাকেই 'নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক বিবর্তন-চক্র' বলা হয়। প্রকৃতিতে এই বিপরীত পরিবর্তনগুলির ভিতর এমন একটি সঙ্গতি সর্বদা বর্তমান থাকে যে বায়ুতে নাইট্রোজেনের অনুপাতটির কোন ব্যতিক্রম হয় না। চিত্র ১৮-গ দ্বারা নাইট্রোজেনের এই পরিক্রম-চক্রটিকে আমরা প্রকাশ করিতে পারি।

**১৮-৭। নাইট্রোজেনের বন্ধন (fixation of nitrogen)।** বর্তমান যুগে কিন্তু মানুষের নাইট্রোজেন-যৌগের প্রয়োজন অনেক বাড়িয়া গিয়াছে। তাহার কয়েকটি কারণ আছে: (১) লোকসংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য খাদ্যের প্রয়োজন বেশী। অতএব জমির উৎপাদনীশক্তি বাড়ান দরকার। এই জন্য বহু কৃত্রিম সারের প্রয়োজন। সুতরাং অ্যামোনিয়াম লবণের বিস্তর চাহিদা। জমির খানিকটা নাইট্রোজেন-যৌগ ধৌত হইয়া সাগরে চলিয়া যায়, তাহারও পরিপূরণ প্রয়োজন। (২) বর্তমান যুগের জীবনযাত্রার বহু উপকরণ প্রস্তুত করার জন্য নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। (৩) বর্তমান সমরোপকরণের একটি প্রধান প্রয়োজন বিস্ফোরক দ্রব্য এবং অধিকাংশ বিস্ফোরকই নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে তৈয়ারী হয়।

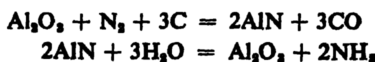
এই সকল প্রয়োজনে মানুষকে প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া বা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হয়। প্রকৃতির দানে ইহার সঙ্কুলান হয় না এবং উহা আমাদের বিশেষ উদ্দেশ্যের পক্ষে সহজলভ্যও নয়। অতএব বাতাসের অফুরন্ত নাইট্রোজেনের কিয়দংশ যৌগে পরিণত করা ছাড়া গত্যন্তর নাই। এই শতাব্দীর বিজ্ঞানীরা চারিটি উপায়ে বায়ুর নাইট্রোজেনকে যৌগে পরিণত করার চেষ্টা করিয়া সফল হইয়াছেন। ইহাকেই 'নাইট্রোজেন-বন্ধন' বলা হয়।

(ক) বার্কল্যাণ্ড ও আইড প্রণালীতে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপাদন ও উহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা সম্ভব। অতিরিক্ত ব্যয় ও প্রভূত বিদ্যুৎশক্তির প্রয়োজন হয় বলিয়া উহা এখন পরিত্যক্ত হইয়াছে। [পঃ ১৮-২৭].



$$N_2 + O_2 = 2NO - 43.2 \text{ Kcal}$$

(খ) সারপেক প্রণালীতে বক্সাইট খনিজ ($Al_2O_3$) ও কোক নাইট্রোজেনের পরিবেশে 1800°C উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডে পরিণত করা হয়। উহাকে পরে স্টীমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষণ করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। কিন্তু ব্যয়সাধ্য বলিয়া এই পদ্ধতিরও আর বিশেষ প্রচলন নাই:



$$Al_2O_3 + N_2 + 3C = 2AlN + 3CO$$
$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3$$

(গ) হেভার প্রণালীতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হয়। বস্তুতঃ এই প্রণালীতেই প্রায় সমগ্র নাইট্রোজেন-বন্ধন বর্তমানে সম্পন্ন হইতেছে [ পঃ ১৮-৯ ]।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 + 22.2 \text{ Kcal}$$

অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড এবং অন্যান্য অ্যামোনিয়াম এবং নাইট্রেট লবণ প্রস্তুত করা হয়।

(ঘ) সায়নামাইড প্রণালীতে ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেনে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোলিম পাওয়া যায়। উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপাদিত হয়। এই উপায়েও কিছু নাইট্রোজেন-বন্ধন করা হয় [ পঃ ১৮-৯ ]।



$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C, \quad (1100°C)$$



$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

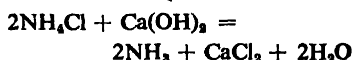
(এই পদ্ধতিগুলির বিস্তারিত বিবরণ পরবর্তী অনুচ্ছেদগুলিতে যথাযোগ্য স্থানে দেওয়া হইয়াছে।)

## নাইট্রোজেনের প্রধান যৌগসমূহ

**হাইড্রাইড।** নাইট্রোজেনের হাইড্রাইড তিনটি: (১) অ্যামোনিয়া, $NH_3$ (২) হাইড্রাজিন, $N_2H_4$ এবং (৩) হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড, $N_3H$। পৃথকভাবে এই তিনটি হাইড্রাইডের আলোচনা করা হইতেছে।

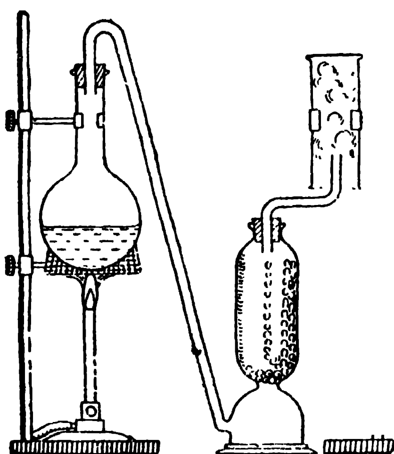
## অ্যামোনিয়া

**১৮-৮। ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি।** ল্যাবরেটরীতে অ্যামোনিয়া সাধারণতঃ সমপরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং কলিচুনের ( বা চুন) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি চুনের টাওয়ারের ভিতর দিয়া পাঠান হয় যাহাতে জলীয় বাষ্প দূর হয়। তারপর ঐ গ্যাসকে বাতাসের প্রতিস্থাপনদ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। উহা বাতাসের অপেক্ষা অনেক হাল্কা।



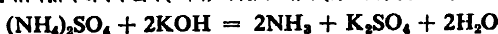
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

গাঢ় $H_2SO_4$ বা $P_2O_5$ নিরুদকরূপে ব্যবহার করা যায় না কারণ ক্ষারীয় হওয়াতে অ্যামোনিয়া উহাদের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। তাই চুন নিরুদকরূপে ব্যবহার করা হয়। গ্যাসটি জলে খুব দ্রবণীয় সেই জন্য জলের উপরে সংগ্রহ করা যায় না। প্রয়োজন হইলে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয় ( চিত্র ১৮-ঘ)।



চিত্র ১৮-ঘ। অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি

অন্য যে কোন অ্যামোনিয়াম লবণ এবং অন্য ক্ষারক ব্যবহার করিয়াও অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়:



$$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH = 2NH_3 + K_2SO_4 + 2H_2O$$



$$2NH_4NO_3 + PbO = 2NH_3 + Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

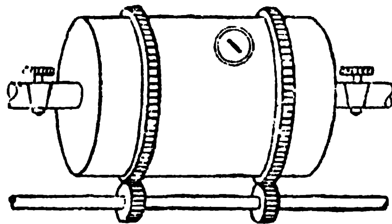
অনেক সময় ল্যাবরেটরীতে গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ (liquor amomonia) কঠিন KOH-এর উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেলিয়াও গ্যাসটি তৈয়ারী করা হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং প্রয়োজনীয় নানা অ্যামোনিয়াম লবণ তৈয়ারী করিতে প্রচুর অ্যামোনিয়া দরকার। এই জন্য অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার জন্য বিভিন্ন শিল্প-পদ্ধতির প্রচলন হইয়াছে। এখানে প্রধান তিনটি পদ্ধতির মোটামুটি বিবরণ দেওয়া হইল।

১৮-৯। আমোনিয়া তৈয়ারী করার শিল্প-পদ্ধতি। (ক) **কয়লার অন্তর্ধূমপাতনে:** কাঁচা কয়লাতে ওজনের প্রায় শতকরা একভাগ নাইট্রোজেন থাকে। আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে বাতাসের অনুপস্থিতিতে উহাকে লোহিততপ্ত করিলে উহার ভিতর হইতে উদ্বায়ী বস্তুসমূহ গ্যাসের আকারে নির্গত হয়। কয়লার এই অন্তর্ধূমপাতনের ফলে উহার নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে বাহির হইয়া আসে। উষ্ণতা কমিয়া আসিলে এই গ্যাসের কিয়দংশ তরলীভূত হয় এবং বাকী অংশটি কোল-গ্যাসরূপে থাকিয়া যায়। তরল অংশটি আবার পরে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া পড়ে। নীচের দিকে আলকাতরা জাতীয় পদার্থসমূহ জড় হয় এবং উপরের অংশে অ্যামোনিয়ার ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ থাকে। পাতিত পদার্থের জলীয় অংশটুকুকে 'অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার' (ammoniacal liquor) বলে।

জলীয় অংশটুকুকে পৃথক করিয়া উহাতে স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হইয়া যায়। অ্যামোনিয়া চলিয়া যাওয়ার পর উহাতে চুন মিশাইয়া আবার পাতিত করা হয়। ইহাতে অ্যামোনিয়াম লবণগুলি বিযোজিত হয় এবং আরও অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়। এই সকল অ্যামোনিয়া গ্যাস অন্য একটি পাত্রে জলে শোষণ করা হয়। এই ভাবে লাইকার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অ্যামোনিয়া গ্যাস লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিচালনা করিয়া উহাকে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। প্রতি মণ কয়লা হইতে গড়ে প্রায় আধ সের পরিমাণ অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

(২) **সায়নামাইড প্রণালী** (cyanamide process) : এই প্রণালীতে প্রথমতঃ চুন ও কোকের সাহায্যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড ($CaC_2$) প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ক্যালসিয়াম কার্বাইড উত্তমরূপে চূর্ণ করিয়া চুল্লীর ভিতরে শুষ্ক নাইট্রোজেন গ্যাসে 1100°C উত্তপ্ত করা হয়। এই অবস্থায় ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ক্যালসিয়াম সায়নামাইড উৎপন্ন হয়।



চিত্র ১৮-৬। সায়নামাইড পদ্ধতি



$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

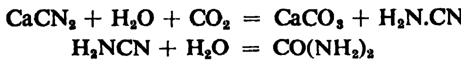
চুল্লী হইতে ধূসর বর্ণের যে সায়নামাইড ও কার্বনের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে 'নাইট্রোলিম' (nitrolim) বলে এবং উহা জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। যদিও

অটোক্লেভে (autoclave) ৩।৪ অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে রাখিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে সায়নামাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়, এখন সহজলভ্য হেভারের অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় বলিয়া এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় না।



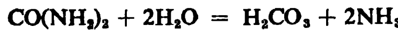
$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

জমিতে $CaCN_2$ দিলে উহা বাতাসের কার্বন-ডাই-অক্সাইড এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া প্রথমে সায়নামাইড এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়; পরে উহা ইউরিয়াতে রূপান্তরিত হয়;



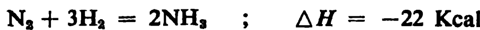
$$CaCN_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + H_2N.CN$$
$$H_2NCN + H_2O = CO(NH_2)_2$$

এই ইউরিয়া ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণতি লাভ করে। জমির ব্যাকটিরিয়া উহাকে নাইট্রাইট ও নাইট্রেটে পরিবর্তিত করে। তাই উদ্ভিদ উহা গ্রহণ করে:



$$CO(NH_2)_2 + 2H_2O = H_2CO_3 + 2NH_3$$

(৩) **হেভার পদ্ধতি (Haber Process)।** এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 \quad ; \quad \Delta H = -22 \text{ Kcal}$$

বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন আয়তনের 1 : 3 অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া 200 অ্যাটমসফিয়ার চাপে এবং 550°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত লৌহচূর্ণ অনুঘটকের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন সার্থক করিতে হইলে কতকগুলি ব্যবস্থা গ্রহণ করা একান্ত প্রয়োজন। এই প্রয়োজনীয় ব্যবস্থাগুলি হইল: (১) উচ্চ চাপ, (২) উপযুক্ত উষ্ণতা এবং (৩) উপযোগী অনুঘটক প্রয়োগ করা। কেন এসমস্ত প্রয়োজন তাহা এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার ভৌতরাসায়নিক অনুজ্ঞা হইতে সহজেই অনুমান করা যায়।

(১) উচ্চ চাপ। মনে কর, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় P চাপে এই বিক্রিয়াতে প্রতি গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন হইতে সামান্য অংশ '$x$' গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। তাহা হইলে:

| | $N_2 +$ | $3H_2 =$ | $2NH_3$ |
|---|---|---|---|
| | $1-x$ | $3-3x$ | $2x = 4-2x$ গ্রাম-অণু (মোট পরিমাণ) |
| আংশিক চাপ | $\frac{1-x}{4-2x}P$ | $\frac{3-3x}{4-2x}P$ | $\frac{2x}{4-2x}P.$ |

অতএব ভরসূত্র অনুযায়ী, সাম্যধ্রুবক $K_p$,

$$K_p = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x}P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x}P\right)\left(\frac{3-3x}{4-2x}P\right)^3} \approx \frac{64x^2}{27P^2}$$ ; ($x$-এর মল্য খুব সামান্য হইলে)

অর্থাৎ, $x = \left(\frac{27K_p}{64}\right)^{\frac{1}{2}}.P. = K.'P$

সুতরাং যত চাপ (P) বাড়ান হইবে, উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ তত বৃদ্ধি পাইবে। এই জন্যই এই বিক্রিয়াতে উচ্চচাপ প্রয়োজন।

(২) উষ্ণতা, এই বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী। 'ভ্যান্টহফের আইসোকোর' সূত্র হইতে কোন বিক্রিয়াতে তাপমাত্রার প্রভাব পাওয়া যায়।

$$\ln K_p = \frac{-\triangle H}{RT} + Z \text{ (ধ্রুবক)}$$

তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়াতে $\triangle H$ নেগেটিভ, অতএব দেখা যাইতেছে তাপমাত্রা ($T$) যত বাড়াইবে $K_p$-এর মূল্য তথা বিক্রিয়ার পরিমাণ তত কমিবে। সুতরাং এই বিক্রিয়াটি যথাসম্ভব কম উষ্ণতায় করা বাঞ্ছনীয়। অতএব, এই বিক্রিয়া সাধারণ উষ্ণতায় করিলে বেশী অ্যামোনিয়া পাওয়া উচিত। কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়ার গতি এত কম যে সেই অ্যামোনিয়া পাইতে সুদীর্ঘ সময়, (শত শত বৎসর প্রয়োজন), সুতরাং তাহা শিল্প-উৎপাদনে অর্থহীন। এই জন্য পরিমাণে কম হইলেও উপযুক্ত উচ্চ তাপমাত্রায় উহাকে তাড়াতাড়ি সংঘটিত করা হয়। বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে দেখা গিয়াছে, 200 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 550°C এই বিক্রিয়ার উপযুক্ত উষ্ণতা। ইহাকে বলে 'অপটিমাম' বা 'অনুকূলতম উষ্ণতা'।

(৩) উপরোক্ত চাপ এবং উষ্ণতাই বিক্রিয়ার পক্ষে যথেষ্ট নয়। বিক্রিয়ার হার বাড়ানোর জন্য অনুঘটক ব্যবহার করা হয়। লৌহচূর এই বিক্রিয়ার একটি উৎকৃষ্ট অনুঘটক। আজকাল $Fe_2O_3$-এর সঙ্গে সামান্য $K_2O$ এবং $Al_2O_3$ মিশ্রিত করিয়া প্রভাবকরূপে ব্যবহার করা হয়। ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া লৌহচূর অনুঘটকে পরিণত হয়। $K_2O + Al_2O_3$ উহারা লৌহচূরের অনুঘটনের উদ্দীপক (promoter)। বিক্রিয়ার জন্য নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের 1:3 অনুপাতে থাকা দরকার এবং উহারা বিশুদ্ধ হওয়া চাই, তাহা না হইলে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া দূষিত হইবে এবং অনুঘটকও নষ্ট হইবে।

চাপ এবং উষ্ণতার সঙ্গে উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ সম্পর্কে একটি ধারণা নিম্নের সারণী হইতে পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ শতকরা আয়তন অনুপাতে দেওয়া হইল।

উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ (%)

| উষ্ণতা/চাপ | 10 | 100 | 200 | 1000 অ্যাটমস্ |
|---|---|---|---|---|
| 400°C | 3.85 | 25.0 | 36.3 | 80.0 |
| 500° | 1.20 | 10.6 | 17.6 | 57.5 |
| 550° | 0.76 | 6.8 | 12.0 | 41.0 |
| 600° | 0.50 | 4.5 | 8.3 | 31.5 |

জলের বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণ হইতে হাইড্রোজেন এবং তরল বায়ুর আংশিক-পাতন হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করার রীতি কোন কোন ক্ষেত্রে প্রচলিত। কিন্তু অনেক ক্ষেত্রেই বস্-প্রণালীতে (Bosch Process) হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। লোহিত-তপ্ত কোক-কয়লার উপর দিয়া বায়ু পরিচালনা করিলে প্রোডিউসার গ্যাস হয়।

$$(N_2 + O_2) + 2C = 2CO + N_2$$
বায়ু প্রোডিউসার-গ্যাস

আবার ঐরকম উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিয়া হাইড্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহাকে ওয়াটার গ্যাস (water gas) বলে।

$$H_2O + C = H_2 + CO$$

ওয়াটার-গ্যাস ও প্রোডিউসার-গ্যাস অতঃপর এমনভাবে মিশ্রিত করা হয় যাহাতে শেষ পর্যন্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের অনুপাত 1:3 হয়। এই গ্যাস-মিশ্রণের সহিত আরও অতিরিক্ত পরিমাণ স্টীম মিশাইয়া উহাকে একটি $Fe_2O_3$ এবং $Cr_2O_3$ পূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। ইহার ফলে গ্যাস-মিশ্রণের কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। আয়রণ ও ক্রোমিয়াম অক্সাইড প্রভাবকের কাজ করে।

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2$$

এই নল হইতে যখন গ্যাস বাহির হয়, উহাতে নাইট্রোজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, প্রচুর স্টীম ও স্বল্পপরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড থাকে। ঠাণ্ডা হইলেই অধিকাংশ স্টীম ঘনীভূত হইয়া তরল হইয়া যায়। ইহার পর গ্যাসটিকে অতিরিক্ত চাপে জল এবং অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণের ভিতর লইয়া যাওয়া হয়। ইহাতে সমস্ত কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও মনোক্সাইড গ্যাস দূরীকৃত হয় এবং নাইট্রোজেন ও হাই-ড্রোজেন পড়িয়া থাকে। নিরুদকের সাহায্যে এই নাইট্রোজেন বিশুষ্ক করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ১৮-চ। হেভার প্রণালী

অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ ক্রিয়াটি একটি ক্রোম-স্টীলের পাত্রে সংঘটিত করা হয়। এই পাত্রটির দুইটি প্রকোষ্ঠ থাকে। আভ্যন্তরীণ কেন্দ্রীয় প্রকোষ্ঠের ছোট ছোট তাকের উপর পর্যাপ্ত পরিমাণে প্রভাবক সজ্জিত থাকে এবং বিদ্যুৎসাহায্যে উহাকে প্রায় 550°C–এ রাখা হয়। কেন্দ্রীয় প্রকোষ্ঠ ঘিরিয়া কঞ্চুকের মত উহার চতুর্দিকে একটি বহিঃপ্রকোষ্ঠ আছে। এই বহিঃপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া বশুষ্ক নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের (1:3) মিশ্রণ 200 অ্যাটমসফিয়ার চাপে প্রবাহিত হইয়া অবশেষে অন্তঃপ্রকোষ্ঠে প্রবেশ লাভ করে এবং প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে (চিত্র ১৮-চ)। ইহার ফলে মিশ্রণের শতকরা প্রায় 12 ভাগ গ্যাস অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

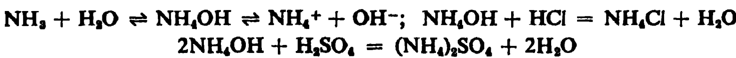
এই বিক্রিয়াটিতে যথেষ্ট তাপের উদ্ভব হয় এবং এই তাপশক্তি সরাইয়া না লইলে উহা প্রভাবকের উষ্ণতা বাড়াইয়া দিতে পারে। এই কারণেই এবং তাপশক্তির অপচয় বন্ধ করার উদ্দেশ্যেই বহিঃপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া উপাদানগুলির মিশ্রণ প্রবাহিত করার ব্যবস্থা আছে। বিক্রিয়োদ্ভব তাপের সাহায্যেই নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উত্তপ্ত হইয়া বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে যায়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ খুব শীতল করিয়া অত্যধিক চাপে সঙ্কুচিত করিলে অ্যামোনিয়া তরলাকারে একটি পাত্রের ভিতর সঞ্চিত হয়। পাম্পের সাহায্যে অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে পুনরায় বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবেই অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে।

এই অ্যামোনিয়ার অধিকাংশই নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতিতে এবং অ্যামোনিয়াম লবণ-উৎপাদনে ব্যয়িত হয়।

হেভারের এই সংশ্লেষণ-পদ্ধতি আবার নানা চাপে এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন দেশে প্রচলন হইয়াছে। আমেরিকাতে 475 অ্যাটমসফিয়ারে এবং 300°C উষ্ণতায় সংঘটন করাইয়া প্রায় শতকরা 30% অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। ফরাসীদেশে 'ক্লড পদ্ধতিতে' 900 অ্যাটমসফিয়ার চাপ এবং 600°C তাপমাত্রা প্রয়োগ করা হয় এবং শতকরা 40 ভাগ অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

**১৮-১০। অ্যামোনিয়ার ধর্ম।** (১) অত্যন্ত ঝাঁঝালো-গন্ধযুক্ত বর্ণহীন অ্যামোনিয়া গ্যাস বাতাস অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা এবং জলে অতিশয় দ্রবণীয়। 1 c.c. জলে (0°C) প্রায় 1200 c.c. গ্যাস দ্রব হয়। উহার গাঢ় সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে বলে 'লাইকার অ্যামোনিয়া' এই গ্যাসের ক্রান্তিক উষ্ণতা এবং চাপ যথাক্রমে 132°C এবং 111 অ্যাটমসঃ। সুতরাং অল্প আয়াসেই এই গ্যাসকে তরলিত করা যায়। তরল অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাঙ্ক, −33.4°C।

(২) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। বস্তুতঃ উহা জলের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী করে। মৃদুক্ষার বলিয়া উহার কিঞ্চিৎ বিয়োজন হয়। অ্যাসিডের সঙ্গে উহার বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন হয়।



$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-; \quad NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$
$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়া HCl-গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলেই একটি সাদা সূক্ষ্ম $NH_4Cl$-এর ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

(৩) অ্যামোনিয়া দহন-সহায়ক নয়, এবং বাতাসে নিজে দাহ্য নয়। কিন্তু অক্সিজেন ও অ্যামোনিয়ার মিশ্রিত গ্যাসকে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা হলদে শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।



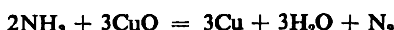
$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

(৪) অ্যামোনিয়া স্বভাবতঃ বিজারণ-গুণসম্পন্ন না হইলেও কোন কোন অবস্থায় উহা সহজেই জারিত হইয়া নাইট্রোজেন বা উহার অক্সাইডে পরিণত হয়।

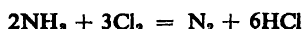
(ক) বাতাস বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অ্যামোনিয়া যদি উত্তপ্ত প্লাটিনাম-জালির ( প্রভাবক ) উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। আধুনিক নাইট্রিক অ্যাসিড শিল্প এই বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে।


$$4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO$$

(খ) উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।


$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

(গ) ক্লোরিন ও অ্যামোনিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী থাকা প্রয়োজন, কারণ অ্যামোনিয়া কম থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড হইবে:


$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

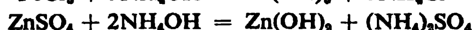

$$2NH_3 + 6Cl_2 = 2NCl_3 + 6HCl$$

(৫) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া পরিচালনা করিলে সোডামাইড পাওয়া যায়।

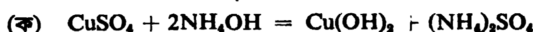

$$2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2$$

(৬) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ভিন্ন ভিন্ন হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে:

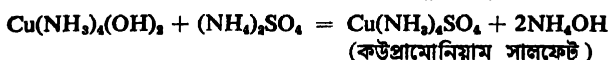

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$


$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

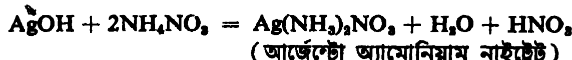
(৭) কোন কোন লবণের দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ার ফলে জটিল লবণের সৃষ্টি হয়; যথা:


(ক) $$CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$


$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = Cu(NH_3)_4(OH)_2 + 4H_2O$$


$$Cu(NH_3)_4(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 = Cu(NH_3)_4SO_4 + 2NH_4OH$$
(কউপ্রামোনিয়াম সালফেট)


(খ) $$AgNO_3 + NH_4OH = AgOH + NH_4NO_3$$

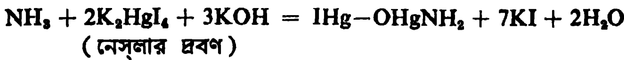

$$AgOH + 2NH_4NO_3 = Ag(NH_3)_2NO_3 + H_2O + HNO_3$$
(আর্জেন্টো অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)

(৮) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড একত্র করিলে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে অ্যামিনো-মারকিউরিক ক্লোরাইড বলে:


$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

(৯) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগের সহিত অ্যামোনিয়া যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে; যথা: $CaCl_2, 8NH_3$।

(১০) অ্যামোনিয়া নেসলার দ্রবণের (Nessler's solution) সংস্পর্শে আসিলেই তামাটে রংয়ের অধঃক্ষেপ দেয়।



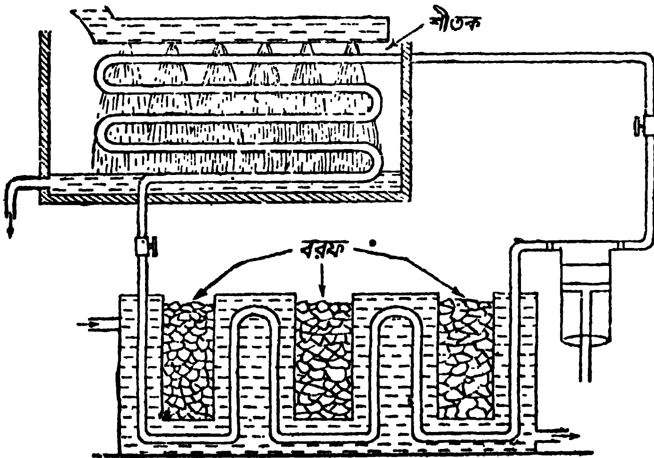
$$NH_3 + 2K_2HgI_4 + 3KOH = IHg-OHgNH_2 + 7KI + 2H_2O$$

(নেস্‌লার দ্রবণ)

(১১) অ্যামোনিয়ার হাইড্রোজেন পরোক্ষে অ্যালকিল মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে অ্যালকিল অ্যামিন পাওয়া যায়; $CH_3NH_2$, $(CH_3)_2NH$, ইত্যাদি। ইহাদেরও মৃদু ক্ষারক-গুণ দেখা যায়। কিন্তু টেট্রা-অ্যালকিল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাডের ক্ষারকত্ব বেশ তীব্র, $(CH_3)_4N(OH)$।

বিশিষ্ট ঝাঁঝাল গন্ধ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সাদা ধোঁয়া উৎপাদন এবং নেস্‌লার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া এই তিনটি উপায়ে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব সাধারণতঃ নির্ধারণ করা হয়।

**অ্যামোনিয়ার ব্যবহার।** (১) অ্যামোনিয়া ক্ষারক হিসাবে ল্যাবরেটরীতে অবশ্যই প্রয়োজন, (২) সল্‌ভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী করার জন্যও অ্যামোনিয়ার প্রয়োজন হয়। (৩) জমিতে সার হিসাবে $(NH_4)_2SO_4$, $NH_4NO_3$ প্রভৃতি বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ ব্যবহৃত হয়। এগুলি অ্যামোনিয়া ও ভিন্ন ভিন্ন অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন। (৪) বর্তমানে অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। এই জন্যই আজকাল অ্যামোনিয়ার চাহিদা খুব বেশী।




চিত্র। বরফ-প্রস্তুতি

বরফ তৈয়ারী করার সময় জল ঠাণ্ডা করার জন্য অ্যামোনিয়ার প্রয়োজন হয়। প্রথমতঃ অতিরিক্ত চাপে অ্যামোনিয়াকে তরল করিয়া লওয়া হয়। তারপর চাপ হঠাৎ কমাইয়া দিয়া সরু নলের ভিতর দিয়া তরল অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করা হয়। চাপ কমানোর ফলে উহা দ্রুত উদ্বায়িত হইতে থাকে। এই নলগুলির চারিদিকে টিনের প্রকোষ্ঠে পরিষ্কার জল রাখা হয়। তরল অ্যামোনিয়ার বাষ্পীভবনের সময় উহা জল হইতে

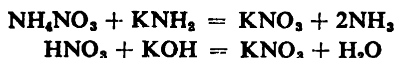
প্রচুর তাপ সংগ্রহ করে। ফলে জল শীতল হইয়া বরফে পরিণত হয়। এইভাবেই বরফ তৈয়ারী হয়। উদ্বায়িত অ্যামোনিয়া গ্যাসের উপর চাপবৃদ্ধি করিয়া উহাকে তরল করিয়া লইয়া আবার ব্যবহার করা হয়।

১৮-১১। তরল অ্যামোনিয়া, (Liquid Ammonia)। বিশুদ্ধ তরল অ্যামোনিয়া এবং জলের মধ্যে ধর্মগত যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে। উভয়েই ভাল দ্রাবক; বিভিন্ন লবণ উহাদের মধ্যে দ্রবিত হয়। তরল অ্যামোনিয়াতে আবার অনেক ধাতুও দ্রাব্য। তরল অবস্থায় উভয়েই ক্ষীণ তড়িৎপরিবাহী অর্থাৎ উহারা সামান্য আয়নিত হয়।



$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \qquad NH_3 \rightleftharpoons H^+ + NH_2^-$$
$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ \qquad H^+ + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$$
$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \qquad 2NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + NH_2^-$$

যে সকল দ্রাব্য তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রব হইয়া $NH_4^+$ আয়নের সৃষ্টি করে তাহাদের বলা হয়, 'অ্যামোনো-অ্যাসিড'। আর যদি $NH_2^-$ আয়ন সৃষ্টি করে তাহা হইলে উহারা 'অ্যামোনো-ক্ষার'। অ্যামোনো-অ্যাসিড এবং অ্যামোনো ক্ষারের পরস্পরের বিক্রিয়াতে অ্যামোনো-লবণ এবং সেই সঙ্গে দ্রাবক অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়; যথা, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট একটি অ্যামোনো-অ্যাসিড এবং পটাসিয়াম অ্যামাইড একটি অ্যামোনো-ক্ষার। উভয়ে মিলিয়া প্রশমিত হইয়া যায়; যেমন,



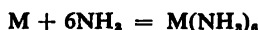
$$NH_4NO_3 + KNH_2 = KNO_3 + 2NH_3$$
$$HNO_3 + KOH = KNO_3 + H_2O$$

তরল অ্যামোনিয়ার এক প্রধান বিশেষত্ব হইল, অনেক ধাতু উহাতে দ্রবিত হয়। ক্ষার ধাতু, সোডিয়াম, পটাসিয়াম উহাতে দ্রব হয় এবং নীল রংয়ের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই সকল দ্রবণ যথেষ্ট বিদ্যুৎপরিবাহী। কিন্তু আয়রণ, প্লাটিনাম বা ফেরিক অক্সাইড অনুঘটক থাকিলে সোডিয়াম দ্রবিত হইয়া অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে:



$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$

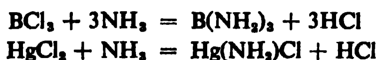
মৃৎক্ষার ধাতুও (Ca, Sr, Ba) তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রব হয়, তবে দ্রবণটি শুষ্ক করিলে ধাতুর 'অ্যামোনিয়েট যৌগ' পাওয়া যায়;



$$M + 6NH_3 = M(NH_3)_6$$

অম্ল ও ক্ষারকের প্রশমনের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। ইহাছাড়াও আরও বিভিন্ন প্রকারের বিক্রিয়া ঘটে।

(ক) অ্যামোনো-বিশ্লেষ ক্রিয়া (ammonolysis): জলে যেমন অনেক লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয়। তরল অ্যামোনিয়াতে তদ্রূপ কোন কোন লবণের অ্যামোনো-বিশ্লেষণ হয়:



$$BCl_3 + 3NH_3 = B(NH_2)_3 + 3HCl$$
$$HgCl_2 + NH_3 = Hg(NH_2)Cl + HCl$$

(খ) অধঃক্ষেপন ক্রিয়া: সিলভার নাইট্রেট তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রব হয়। এই দ্রবণে পটাস-অ্যামাইড দিলে সিলভার অ্যামাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$AgNO_3 + KNH_2 = AgNH_2 + KNO_3; \quad AgNO_3 + KOH = AgOH + KNO_3$$

আবার, সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে ক্যালসিয়াম নাইট্রেট দিলে, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, ($CaCl_2$) তরল অ্যামোনিয়াতে অদ্রাব্য।

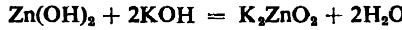


$$2NaCl + Ca(NO_3)_2 = CaCl_2 \downarrow + 2NaNO_3$$

(গ) উভধর্মী অ্যামোনোযৌগ: অনেক ধাতব অ্যামাইড তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রাব্য। উহারা উভধর্মী এবং অ্যামোনো-ক্ষারের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে; যেমন, জিঙ্ক অ্যামাইড,



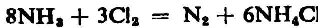
$$Zn(NH_2)_2 + 2KNH_2 = K_2Zn(NH_2)_4$$



$$Zn(OH)_2 + 2KOH = K_2ZnO_2 + 2H_2O$$

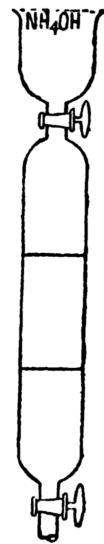
এই সকল দৃষ্টান্ত হইতে তরল অ্যামোনিয়া এবং জলের মধ্যে সাদৃশ্য সহজেই বোঝা যায়।

**১৮-১২। অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুতি (হফ্‌ম্যান প্রণালী)।** একটি লম্বা এবং শক্ত কাচের নলে এই পরীক্ষাটি করা হয়। নলটির দুইদিকে দুইটি স্টপ্‌কক্‌ থাকে এবং একপ্রান্তে একটি ফানেলও সংযুক্ত থাকে (চিত্র ১৮-ছ)। বাহির হইতে নলটিকে তিনটি সমান অংশে চিহ্নিত করিয়া লওয়া হয়। নলটি প্রথমে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং ফানেলে গাঢ় অ্যামোনিয়া রাখা হয়। স্টপ্‌কক্‌টি খুলিয়া ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া নলের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলেই অ্যামোনিয়া ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। সঙ্গে সঙ্গে অবশ্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডও তৈয়ারী হয়।



$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়া প্রচুর পরিমাণে দেওয়া হয় যাহাতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে পারে। অতঃপর অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড পূর্বোক্ত উপায়েই নলের ভিতর দেওয়া হয়। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট হইয়া যায়। গ্যাস অবস্থায় এখন শুধু নাইট্রোজেন থাকিতে পারে। নলটিকে অতঃপর একটি বড় জলের পাত্রে রাখিয়া সাধারণ উষ্ণতায় আনা হয় এবং জলের নীচে রাখিয়া স্টপ্‌কক্‌টি খুলিয়া ভিতরে জল প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়। এইভাবে নাইট্রোজেনটি পূর্বের চাপ ও উষ্ণতায় লইয়া আসিলেই দেখা যায় নাইট্রোজেনের আয়তন সম্পূর্ণ নলের এক-তৃতীয়াংশ মাত্র। অর্থাৎ অ্যামোনিয়া হইতে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় তাহা ক্লোরিনের আয়তনের এক-তৃতীয়াংশ। কিন্তু এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং তাহাতে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইয়াছে। সেই হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া হইতে পাওয়া গিয়াছে এবং ঐ অ্যামোনিয়া হইতেই আবার উপরোক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া গিয়াছে। অতএব বলা যাইতে পারে,




চিত্র ১৮-ছ

তিনভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিতে সমর্থ। অর্থাৎ, তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, মনে কর, প্রতি ঘনায়তন গ্যাসের অণুসংখ্যা $= n$

$\therefore$ $3n$ হাইড্রোজেন অণু এবং $n$ নাইট্রোজেন অণু সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অথবা, 3টি হাইড্রোজেন অণু এবং 1টি নাইট্রোজেন অণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অর্থাৎ, 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 1টি নাইট্রোজেন পরমাণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অতএব অ্যামোনিয়ার স্থূল সঙ্কেত হইবে $NH_3$ এবং উহার আণবিক সঙ্কেত হইবে $(NH_3)_x$।

কিন্তু অ্যামোনিয়ার ঘনত্ব$=8.5$, অর্থাৎ উহার আণবিক গুরুত্ব $= 2\times 8.5 = 17$

$\therefore\ x\times 14+3x\times 1 = 17$ [ $\therefore$ নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব $= 14$,

$\therefore\ x = 1$ হাইড্রোজেনের ,, ,, ,, $= 1$ ]

$\therefore$ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত, $NH_3$।

**১৮-১৩। অ্যামোনিয়াম লবণ।** অ্যামোনিয়া ক্ষারক-জাতীয় পদার্থ। উহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম লবণের সৃষ্টি করে। এই সমস্ত লবণে '$NH_4$' যৌগ-মূলকটি থাকে এবং ইহাকে অ্যামোনিয়াম মূলক বলা হয়। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং উহারা বিদ্যুৎপরিবাহী। জলীয় দ্রবণে উহারা $NH_4^+$ ক্যাটায়ন ও অন্যান্য অ্যানায়নে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া থাকে।



$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^- \quad ; \quad (NH_4)_2SO_4 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + SO_4^{--}$$

অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার অনেকাংশে ক্ষার-ধাতুর লবণের মত। এইজন্য অ্যামোনিয়াম মূলককে ক্ষার-ধাতুর সমগোত্রীয় মনে করা হয়। ইহার যোজ্যতাও এক।

অ্যামোনিয়াম লবণগুলি ঈষৎ উদ্বায়ী এবং উত্তাপে উহারা অতি সহজে উৎক্ষিপ্ত হইয়া যায়। এতদ্ব্যতীত কোন কোন অ্যামোনিয়াম লবণ তাপের সাহায্যে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন:



$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

তাপ সরাইয়া লইলে অর্থাৎ ঠাণ্ডা করিলে উহারা আবার যুক্ত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। ইহাকে তাপ-বিয়োজন বলা হয়। তাপ-বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজনের পার্থক্য অনুচ্ছেদ 8-8-এ আলোচিত হইয়াছে। ক্ষার-ধাতুর লবণের সঙ্গে উহাদের পার্থক্য:

**পরীক্ষা।** পটাসিয়াম লবণের মত অ্যামোনিয়াম লবণগুলি সোডিয়াম কোবাল্টি-নাইট্রাইট, ক্লোরোপ্লাটিনিক অ্যাসিড এবং সোডিয়াম পারক্লোরেট দ্বারা দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

কোন কোন অ্যামোনিয়াম লবণ উত্তাপে বিভাজিত হইয়া যায় এবং প্রায়ই নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। এরূপ বিভাজন ক্ষার-ধাতুর লবণের দেখা যায় না।



$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O \quad ; \quad (NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$

**অ্যামোনিয়াম সালফেট,** $(NH_4)_2SO_4$। (১) কয়লার অন্তর্ধূমপাতন অথবা হেভার প্রণালী দ্বারা যে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় উহাকে সোজাসুজি সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।

(২) বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সালফেট জলের সহিত মিশাইয়া উহার ভিতর কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। আমাদের দেশে এইরূপেই অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়। $CaCO_3$ ছাঁকিয়া সরাইয়া লইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট কেলাসিত করা হয়।

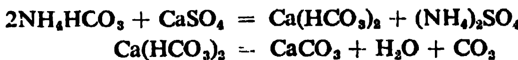


$$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

সস্তা অথচ ভাল সার হিসাবে অ্যামোনিয়াম সালফেটের চাহিদা সর্বাধিক।

আমাদের দেশের জমির উৎপাদন-শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য কৃত্রিম সার প্রয়োগ করা একান্ত প্রয়োজন এবং বিশেষজ্ঞেরা এজন্য অ্যামোনিয়াম সালফেট ব্যবহার করিতে নির্দেশ দিয়াছেন। অ্যামোনিয়াম সালফেট সাধারণতঃ অ্যামোনিয়া ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে প্রস্তুত হয়। কিন্তু ভারতে কোন সালফারের খনি নাই এবং প্রচুর পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সুকঠিন। সেজন্য অপর দেশের উপর নির্ভর করিতে হয়। আমাদের দেশে জিপসাম $CaSO_4, 2H_2O$ বা অ্যানহাইড্রাইট $CaSO_4$ অর্থাৎ ক্যালসিয়াম সালফেট খনিজ প্রচুর পাওয়া যায়। এই জন্য আমাদের প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী করার জন্য অন্য ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইতেছে।

স্টীম, বায়ু ও বিহারের কোক হইতে হেভার প্রণালী অনুযায়ী অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করা যাইতে পারে। এই অ্যামোনিয়া কার্বনিক অ্যাসিড সহযোগে $(CO_2 + H_2O)$, অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত করা হয়। অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিপসামের সহিত উপযুক্ত উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহা হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

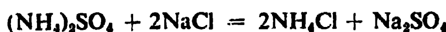


$$2NH_4HCO_3 + CaSO_4 = Ca(HCO_3)_2 + (NH_4)_2SO_4$$
$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

এই ভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করিলে সালফারের প্রয়োজন হয় না এবং আমাদের দেশকে পরমুখাপেক্ষী হইতে হয় না। উপজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেটও খানিকটা সার হিসাবে এবং অধিকাংশই সিমেন্ট শিল্পে ব্যবহৃত হইতে পারিবে। আমাদের দেশে এই পদ্ধতির কৃত্রিম সারের কারখানা স্থাপিত হইয়াছে।

জমিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধির জন্যই বিশেষতঃ অ্যামোনিয়াম সালফেট দেওয়া হয়।

**অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড,** $NH_4Cl$। অ্যামোনিয়াম ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযোগে ইহা তৈয়ারী হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড একত্র ফুটাইয়া বিপরিবর্ত-ক্রিয়ার ফলেও ইহা প্রস্তুত করা হয়।



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaCl = 2NH_4Cl + Na_2SO_4$$

জলে সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা কম; সেই জন্য উহাকে সহজেই কেলাসিত করিয়া পৃথক করা হয়। পরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিক প্রস্তুত করা যায়।

রাসায়নিক বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। রঞ্জন-শিল্পে প্রচুর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগে। কোন কোন সেল ও ব্যাটারীতেও ইহা ব্যবহার করা হয়।

**অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট,** $NH_4NO_3$। অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং সোডিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণের বিপরিবত ক্রিয়াতে ইহা প্রস্তুত হয়। অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য সোডিয়াম সালফেট প্রথমে কেলাসিত হয়। উহাকে ছাঁকিয়া সরাইয়া লইয়া দ্রবণটি গাঢ় করিয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট স্ফটিক প্রস্তুত করা হয়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট জলে খুব দ্রবণীয়। উত্তাপে এই লবণটি বিভাজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড দেয়:



$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

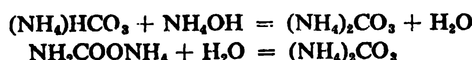
ট্রাইনাইট্রোটলুইনের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশ্রিত করিয়া 'অ্যামাটোল' নামক বিস্ফোরক তৈয়ারী হয়। নীচ তাপমাত্রা পাওয়ার জন্য কোন কোন সময় হিমমিশ্রে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**অ্যামোনিয়াম কার্বনেট,** $(NH_4)_2CO_3$। অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের কঠিন মিশ্রণ যদি আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করা হয়, তাহা হইলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ঊর্দ্ধপাতিত হইয়া আসে।



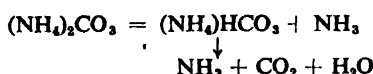
$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 = (NH_4)_2CO_3 + CaSO_4$$

এই অ্যামোনিয়াম কার্বনেট বিশুদ্ধ নয়। উহার সঙ্গে কিছু কিছু বাই-কার্বনেট এবং অ্যামোনিয়াম কার্বামেট, $NH_2COONH_4$, থাকে। এই জন্য উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম কার্বনেটকে আবার অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্বারা পাচিত করা হয়;



$$(NH_4)HCO_3 + NH_4OH = (NH_4)_2CO_3 + H_2O$$
$$NH_2COONH_4 + H_2O = (NH_4)_2CO_3$$

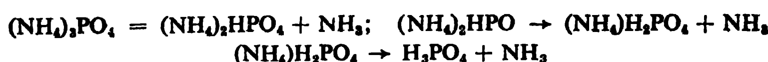
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট যৌগটি অস্থায়ী ধরনের। বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে আস্তে আস্তে উহা ভাঙিয়া যায় এবং অ্যামোনিয়া, কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রভৃতিতে পরিণত হয়।



$$(NH_4)_2CO_3 = (NH_4)HCO_3 + NH_3$$
$$\downarrow$$
$$NH_3 + CO_2 + H_2O$$

ল্যাবরেটরীর বিকারক হিসাবেও 'স্মেলিং-সল্ট'-রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**অ্যামোনিয়াম ফসফেট্।** ফসফরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়াতে বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট প্রস্তুত হয়; $(NH_4)_3PO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$ এবং $(NH_4)H_2PO_4$। উত্তাপে এই সকল ফস্‌ফেট বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া দেয়।

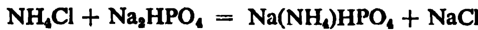


$$(NH_4)_3PO_4 = (NH_4)_2HPO_4 + NH_3; \quad (NH_4)_2HPO \rightarrow (NH_4)H_2PO_4 + NH_3$$
$$(NH_4)H_2PO_4 \rightarrow H_3PO_4 + NH_3$$

মনো- এবং ডাই-অ্যামোনিয়াম ফসফেট বস্ত্রশিল্পে ব্যবহৃত হয়, বিশেষতঃ বস্ত্রের অগ্নিনিরোধ ক্ষমতার জন্য। ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবে এবং কোন কোন ঔষধে ইহারা ব্যবহৃত হয়।

**মাইক্রোকস্‌মিক লবণ।** microcosmic লবণ বস্তুতঃ সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট, $Na(NH_4)HPO_4$। মানুষের মূত্রে এই লবণ থাকে।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং ডাইসোডিয়াম ফসফেট দ্রবণ একত্র ফুটাইয়া ইহা তৈয়ারী করা যায়;



$$NH_4Cl + Na_2HPO_4 = Na(NH_4)HPO_4 + NaCl$$

উত্তপ্ত করিলে ইহা গলিয়া বিযোজিত হইয়া যায় এবং কাচের মত সোডিয়াম মেটাফসফেট তৈয়ারী হয়।



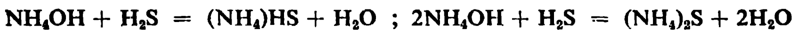
$$Na(NH_4)HPO_4 \rightarrow NaPO_3 + NH_3 + H_2O$$

ধাতব অক্সাইড, সিলিকা প্রভৃতি এই গলিত মেটাফসফেট কাচে দ্রবিত হইয়া বিভিন্ন রংয়ের গুটি দেয়। এইভাবে, বোরাক্স গুটিকার মত, মাইক্রোকস্‌মিক গুটিকার পরীক্ষা করা যায়।



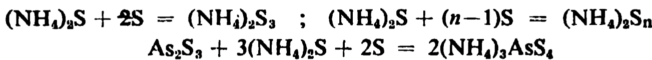
$$NaPO_3 + CuO = CuNaPO_4$$

**অ্যামোনিয়াম সালফাইড,** $(NH_4)_2S$। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে $H_2S$-গ্যাস পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়াম সালফাইড এবং হাইড্রোসালফাইড তৈয়ারী হয়। উহাদের অস্তিত্ব দ্রবণেই সীমাবদ্ধ।



$$NH_4OH + H_2S = (NH_4)HS + H_2O \; ; \; 2NH_4OH + H_2S = (NH_4)_2S + 2H_2O$$

রাসায়নিক বিশ্লেষণ পরীক্ষাতে বিকারক রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যামোনিয়াম সালফাইড দ্রবণে সালফার দ্রবিত হইয়া পলিসালফাইড দ্রবণ হয়। অ্যামোনিয়াম সালফাইড আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি প্রভৃতির সালফাইডের সঙ্গে থায়ো-লবণ উৎপাদন করে;

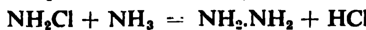


$$(NH_4)_2S + 2S = (NH_4)_2S_3 \; ; \; (NH_4)_2S + (n-1)S = (NH_4)_2S_n$$
$$As_2S_3 + 3(NH_4)_2S + 2S = 2(NH_4)_3AsS_4$$

১৮-১৪। হাইড্রাজিন, $N_2H_4$। নিয়ন্ত্রিত ব্যবস্থায় অ্যামোনিয়ার আংশিক জারণ দ্বারা হাইড্রাজিন পাওয়া যায়। সচরাচর শতকরা 20% অ্যামোনিয়া দ্রবণের সঙ্গে সদ্যপ্রস্তুত সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট দ্রবণ মিশাইয়া লইয়া উহাকে কিছুক্ষণ ফুটান হয়। এই মিশ্র দ্রবণে সামান্য জিলাটিনও (1%) মিশাইয়া লওয়া হয়। মিশ্রদ্রবণটি ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে লঘু $H_2SO_4$ দেওয়া হয় এবং পরে কোহল দিলে দ্রবণ হইতে হাইড্রাজিন সালফেট, $N_2H_4, H_2SO_4$, কেলাসিত হয়।



$$NH_3 + NaOCl = NH_2Cl + NaOH$$



$$NH_2Cl + NH_3 = NH_2.NH_2 + HCl$$



অথবা $$2NH_3 + NaOCl = N_2H_4 + NaCl + H_2O$$

হাইড্রাজিন $Fe^{+++}$, $Cu^{++}$ প্রভৃতি দ্বারা অতি সহজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। সেই সব আয়নের ক্রিয়া রোধ করার জন্য জিলাটিন বা আঠা মিশান হয়। কলয়েড জিলাটিন আয়নগুলি অধিশোষণ করিয়া রাখে।

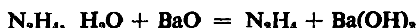
হাইড্রাজিন সালফেট স্ফটিককে কস্টিক পটাসের সঙ্গে সিলভারের পাতনকূপীতে রাখিয়া নিম্নচাপে পাতিত করিলে বর্ণহীন তরল হাইড্রাজিন হাইড্রেট, $N_2H_4, H_2O$

পাওয়া যায়। রবার বা কর্কের বা অমসৃন কাচের সংস্পর্শে উহা সহজেই বিযোজিত হয় বলিয়া সিলভারের কূপী ব্যবহার করা হয়।



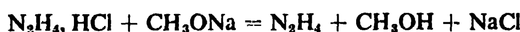
$$N_2H_4, H_2SO_4 + 2KOH = N_2H_4, H_2O + K_2SO_4 + H_2O$$

অনাদ্র´ বিশুদ্ধ তরল হাইড্রাজিন পাইতে হইলে হাইড্রাজিন হাইড্রেটকে বেরিয়াম অক্সাইড সহ নিম্নচাপে আস্তে আস্তে আবার পাতিত করা হয়।



$$N_2H_4,\ H_2O + BaO = N_2H_4 + Ba(OH)_2$$

হাইড্রাজিন সাল্‌ফেটে বেরিয়াম ক্লোরাইড দিলে উহা হাইড্রাজিন ক্লোরাইডে পরিণত হয়; এই হাইড্রাজিন ক্লোরাইডকে পৃথক করিয়া যদি সোডিয়াম মিথোক্সাইডের কোহলীয় দ্রবণসহ পাতিত করা হয় তবে অনাদ্র´ হাইড্রাজিন পাওয়া যায়। প্রথমে মিথাইল কোহল পাতিত হইয়া যায়, পরে হাইড্রাজিন উচ্চতর উষ্ণতায় পাতিত হয়। এই সকল পাতন-ক্রিয়া সাধারণতঃ হাইড্রোজেন গ্যাসে করা হয়। কারণ অক্সিজেনে হাইড্রাজিনের বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে।



$$N_2H_4, HCl + CH_3ONa = N_2H_4 + CH_3OH + NaCl$$

ধর্ম। হাইড্রাজিন একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ—হিমাঙ্ক 1.4°C, স্ফুটনাঙ্ক, 113.5°C, ঘনত্ব, 1.0114 (15°C)। তরলটি জলাকর্ষী। হাইড্রাজিন জলে খুবই দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয়।

বস্তুতঃ হাইড্রাজিন একটি দ্বি-আম্লিক ক্ষার; উহার দুই শ্রেণীর লবণ পাওয়া যায়, যথা $N_2H_4,HCl$ এবং $N_2H_4,2HCl$। এই সকল লবণ দ্রবণে আয়নিত হয়, $N_2H_4,\ HCl \rightleftharpoons N_2H_5^+ + Cl^-$ ইত্যাদি।

বিশুদ্ধ অক্সিজেন, হ্যালোজেন বা পটাস পারম্যাঙ্গানেটের সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রাজিনের জারণের ফলে বিস্ফোরণ ঘটে।



$$N_2H_4 + 2I_2 = N_2 + 4HI, \qquad N_2H_4 + O_2 = N_2 + 2H_2O$$

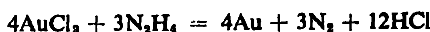
হাইড্রাজিনকে উত্তপ্ত করিলেও উহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন দেয়, বিশেষতঃ সিলিকার সংস্পর্শে;



$$3N_2H_4 \rightarrow N_2 + 4NH_3$$

হাইড্রাজিন এবং উহার লবণগুলি শক্তিশালী বিজারক। এই বিজারণ-ক্রিয়াতে সর্বদাই উহা নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

(ক) গোল্ড, প্লাটিনাম, সিলভার প্রভৃতির লবণের দ্রবণ হইতে হাইড্রাজিন ঐসকল ধাতুকে অধঃক্ষিপ্ত করে;

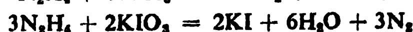


$$4AuCl_3 + 3N_2H_4 = 4Au + 3N_2 + 12HCl$$

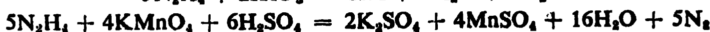
(খ) আম্লিক দ্রবণে ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে, আয়োডেটকে আয়োডাইডে, পারমাঙ্গানেটকে ম্যাঙ্গানাস লবণে পরিণত করে;



$$N_2H_4 + 4FeCl_3 = 4FeCl_2 + 4HCl + N_2$$

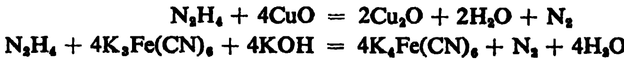


$$3N_2H_4 + 2KIO_3 = 2KI + 6H_2O + 3N_2$$



$$5N_2H_4 + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 = 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 16H_2O + 5N_2$$

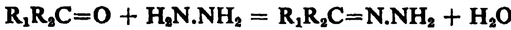
(গ) ক্ষারীয় দ্রবণে কিউপ্রিক লবণকে কিউপ্রাস লবণে, ফেরিসায়ানাইডকে ফেরো-সায়ানাইডে পরিণত করে,



$$N_2H_4 + 4CuO = 2Cu_2O + 2H_2O + N_2$$
$$N_2H_4 + 4K_3Fe(CN)_6 + 4KOH = 4K_4Fe(CN)_6 + N_2 + 4H_2O$$

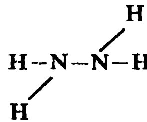
শেষোক্ত বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় বলিয়া হাইড্রাজিনের মাত্রিক পরিমাণ নির্ণয়ে উহা প্রয়োগ করা হয়।

জৈব যৌগের কিটোমূলকের [$>C = O$] সঙ্গে উহার বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ;



$$R_1R_2C{=}O + H_2N.NH_2 = R_1R_2C{=}N.NH_2 + H_2O$$

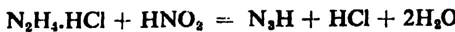
রামন-বর্ণালী হইতে দেখা যায়, হাইড্রাজিনের দুইটি নাইট্রোজেন সরাসরি যুক্ত এবং উহার ডাইপোল মোমেন্টও যথেষ্ট উচ্চ, সেই জন্য উহার সংরচনা ধরা হইয়াছে,



অর্থাৎ সমস্ত হাইড্রোজেনগুলি একই সমতলে নয়। এই কারণেই উহার ডাইপোল মোমেন্ট যথেষ্ট।

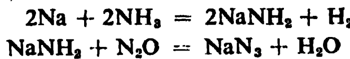
নানা রকম জৈবযৌগ প্রস্তুতিতে এবং বিশ্লেষণে হাইড্রাজিন প্রয়োজন হয়। তাছাড়া বর্তমানে রকেটের জ্বালানির জন্য হাইড্রাজিন বিশেষভাবে সমাদৃত।

১৮-১৫। হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড, (হাইড্রোজেন অ্যাজাইড), $N_3H$। ইহার আর একটি নাম 'অ্যাজোইমাইড'। হাইড্রাজিনকে নাইট্রাস অ্যাসিডদ্বারা ধীরে ধীরে জারিত করিলে হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



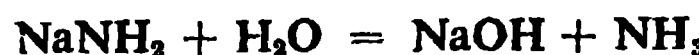
$$N_2H_4.HCl + HNO_2 = N_3H + HCl + 2H_2O$$

কিন্তু 200°C উষ্ণতায় সোডামাইডের উপর দিয়া অনার্দ্র নাইট্রাস অক্সাইড পরিচালিত করিয়াই হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড প্রস্তুত করার প্রকৃষ্ট উপায়।



$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$$
$$NaNH_2 + N_2O = NaN_3 + H_2O$$

উৎপন্ন জল অবশ্য কিছু সোডামাইডকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে ;



$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$$

সোডিয়াম অ্যাজাইড ($NaN_3$) এবং কস্টিক সোডার মিশ্রণ পাত্র হইতে বাহির করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া শূন্যচাপে পাতিত করা হয়। পাতনের ফলে হাইড্রাজয়িক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে বিশুষ্ক $CaCl_2$-এর সহিত শূন্যচাপে পুনরায় পাতিত করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ধর্ম। হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন দুর্গন্ধযুক্ত বিষাক্ত তরল পদার্থ—গলনাঙ্ক, —80°C, স্ফুটনাঙ্ক, 37°C। ইহার স্বতঃবিস্ফোরণ হয়।



$$3HN_3 = 4N_2 + NH_3$$

জলে অতিশয় দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ একটি ক্ষীণ অম্ল। উহা সামান্য বিয়োজিত হয়।



$$HN_3 \rightleftharpoons H^+ + N_3^- \quad ; \quad (k_1 = 2 \times 10^{-5})$$

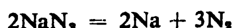
এই অ্যাসিডের বিভিন্ন লবণ, যেমন, $AgN_3$, $Pb(N_3)_2$ ইত্যাদি উত্তাপে বিস্ফোরণ-সহ বিয়োজিত হয়। এই সকল অ্যাজাইডের দ্রাব্যতা হ্যালাইডের দ্রাব্যতার অনুরূপ। $AgN_3$ এবং $AgCl$ উভয়েই জলে অদ্রাব্য।

হাইড্রাজয়িক অ্যাসিডে কপার, জিঙ্ক ইত্যাদি সহজেই দ্রব হয়, কিন্তু হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না।



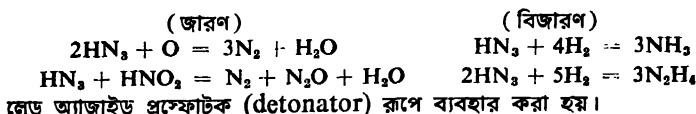
$$Zn + 3HN_3 = Zn(N_3)_2 + N_2 + NH_3$$

বেরিয়াম অ্যাজাইড এবং ক্ষারধাতুর অ্যাজাইড উত্তাপে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন দেয়;



$$2NaN_3 = 2Na + 3N_2$$

পটাস পারমাঙ্গানেট বা নাইট্রাস অ্যাসিড ইহাকে নাইট্রোজেনে জারিত করে। আবার সোডিয়াম অ্যামালগাম (পারদসংকর) ইহাকে অ্যামোনিয়া বা হাইড্রাজিনে বিজারিত করে।



(জারণ)

$$2HN_3 + O = 3N_2 + H_2O$$
$$HN_3 + HNO_2 = N_2 + N_2O + H_2O$$

(বিজারণ)

$$HN_3 + 4H_2 = 3NH_3$$
$$2HN_3 + 5H_2 = 3N_2H_4$$

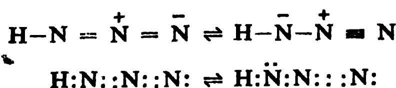
লেড অ্যাজাইড প্রস্ফোটক (detonator) রূপে ব্যবহার করা হয়।

**সংরচনা।** রঞ্জনরশ্মির সাহায্যে বিভিন্ন অ্যাজাইডের পরীক্ষাতে দেখা গিয়াছে, অ্যাজাইড আয়নটির নাইট্রোজেনগুলি সরল রেখায় বিধৃত। প্যারাকোর, ডাইপোল-মোমেন্ট ইত্যাদির পরীক্ষা হইতেও এই সিদ্ধান্তের সমর্থন পাওয়া যায়। সুতরাং হাইড্রো-জয়িক অ্যাসিডের গঠন-সংকেত হইবে,



$$H-\dot{N}=N \equiv N$$

কিন্তু ইলেকট্রনগুলির বিভিন্ন সমাবেশ সম্ভব। সেই জন্য উহার অণুতে সংস্পন্দন সম্ভব। প্রকৃত সংরচনা দুইটি বিভিন্ন ইলেকট্রন সমাবেশের গড়।

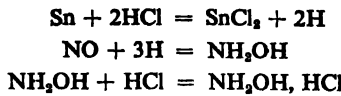


$$H-N=\overset{+}{N}=\overset{-}{N} \rightleftharpoons H-\overset{-}{N}-\overset{+}{N}\equiv N$$
$$H:N::N::N: \rightleftharpoons H:\ddot{N}:N:::N:$$

**১৮-১৩। হাইড্রক্সিল-অ্যামিন, $NH_2OH$।** অ্যামোনিয়ার একটি হাইড্রোজেন 'OH'-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন হয়। একটি অ্যামিনোমূলক ($NH_2$) এবং একটি হাইড্রক্সিলমূলক (OH) সংযোগে গঠিত বলিয়া এইরূপ নামকরণ হইয়াছে। নানা উপায়ে ইহা প্রস্তুত করা যায়।

**প্রস্তুতি।** (১) জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া হাই-ক্সিল-অ্যামিন প্রস্তুত করা যায়। একটি কূপীতে টিন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

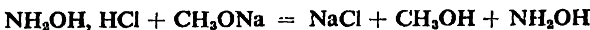
লইয়া উহাতে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। নাইট্রিক অক্সাইড হাইড্রক্সিল অ্যামিনে পরিণত হইয়া যায়;



$$Sn + 2HCl = SnCl_2 + 2H$$
$$NO + 3H = NH_2OH$$
$$NH_2OH + HCl = NH_2OH, HCl$$

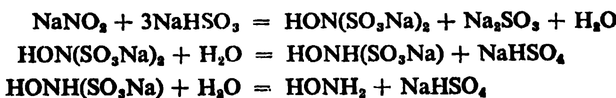
উৎপন্ন হাইড্রক্সিল-অ্যামিন অ্যাসিডের সংযোগে উহার হাইড্রোক্লোরাইড লবণে পরিণত হয় এবং দ্রবণেই থাকে। ইহার পর ঐ দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালনা করিয়া সমস্ত টিনকে $SnS$-রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ও ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। তৎপর পরিস্রুৎটিকে সম্পূর্ণ বিশুষ্ক করিয়া যে কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহাতে বিশুদ্ধ কোহল মিশাইয়া ফুটান হয়। হাইড্রক্সিল-অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড কোহলে দ্রবীভূত হয়, অন্যান্য পদার্থ পড়িয়া থাকে। এই কোহলীয় দ্রবণে ইথার মিশাইলে ঐ হাইড্রোক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ছাঁকিয়া উহা সংগ্রহ করা হয়।

(২) নাইট্রিক অ্যাসিডের তাড়িত-বিজারণ সাহায্যেও হাইড্রক্সিল-অ্যামিন প্রস্তুত হয়। একটি তড়িৎ-বিশ্লেষণ সেলে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (50%) লওয়া হয় এবং লেডের ক্যাথোড ও অ্যানোড ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড এবং অ্যানোড প্রকোষ্ঠ একটি সরন্ধ্র মধ্যচ্ছদ (diaphragm) দ্বারা বিভক্ত থাকে। বিশ্লেষক সেলের চারিদিকে বরফ রাখিয়া উষ্ণতা যথাসাধ্য নীচে রাখা হয়। এখন ক্যাথোডপ্রকোষ্ঠে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া 50% $HNO_3$ দেওয়া হয় এবং তড়িৎপ্রবাহ চালিত করা হয়। উহা বিজারিত হইয়া হাইড্রক্সিল-অ্যামিন সালফেটে পরিণত হয়। পরে দ্রবণটি পৃথক করিয়া উহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং হাইড্রক্সিল-অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড দ্রবণেই থাকে। এই দ্রবণকে বিশুষ্ক করিলে যে কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহা হইতে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন ক্লোরাইডকে বিশুদ্ধ কোহলদ্বারা দ্রবিত করিয়া লওয়া হয়। এই কোহলীয় দ্রবণে কোহলীয় সোডিয়াম মিথোক্সাইড দিলে, NaCl অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহা ছাঁকিয়া সরাইয়া লওয়া হয়। দ্রবণটিকে $-18°C$-এ শীতল করিলে কঠিন হাইড্রক্সিল-অ্যামিন কেলাসিত হয়:



$$NH_2OH, HCl + CH_3ONa = NaCl + CH_3OH + NH_2OH$$

(৩) নাইট্রাইটের সালফোনেসন সাহায্যে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন তৈয়ারী করার পদ্ধতিটি আজকাল বেশী প্রয়োগ করা হয়। শীতল অবস্থায় $(-2°C)$ সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং সোডিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রদ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। ইহাতে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে;

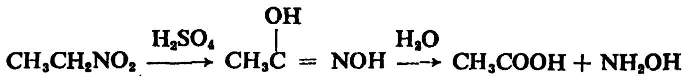


$$NaNO_2 + 3NaHSO_3 = HON(SO_3Na)_2 + Na_2SO_3 + H_2O$$
$$HON(SO_3Na)_2 + H_2O = HONH(SO_3Na) + NaHSO_4$$
$$HONH(SO_3Na) + H_2O = HONH_2 + NaHSO_4$$

সালফোনেসন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণটির সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া প্রায় $90 \sim 95°C$ উষ্ণতায় তাপিত করা হয় এবং এই অবস্থায় দুই তিন দিন রাখা হয় যাহাতে আর্দ্র-বিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হয়। তারপর সোডিয়াম কার্বনেটদ্বারা দ্রবণটিকে

প্রশমিত করিয়া লইয়া গাঢ় করা হয়। $Na_2SO_4$ প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরে পুনঃ-পুনঃ আংশিক কেলাসনদ্বারা হাইড্রক্সিল-অ্যামিন সালফেট সংগ্রহ করা হয়।

(৪) গ্যাস অবস্থায় ইথেনের নাইট্রেসন করিলে যে নাইট্রোইথেন পাওয়া যায় উহা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা পরিবর্তিত হইয়া একটি হাইড্রক্সি-অ্যামিন অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই অ্যাসিডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও হাইড্রক্সিল-অ্যামিন উৎপন্ন হয়:

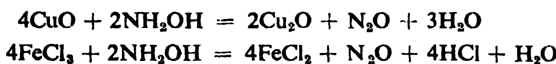


ধর্ম। হাইড্রক্সিল-অ্যামিন বর্ণহীন জলাকর্ষী স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়, গলনাঙ্ক, 34°C। পদার্থটি জলে অতিশয় দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ মৃদুক্ষার, ($K_b = 6.6 \times 10^{-9}$) হাইক্সিল-অ্যামিন একটি অস্থায়ী যৌগ এবং সহজেই ভাঙ্গিয়া যায়;



হাইড্রক্সিল-অ্যামিনের জারণক্ষমতা এবং বিজারণক্ষমতা উভয়ই দেখা যায়।

ক্ষারীয় দ্রবণে উহা ফেলিং-দ্রবণকে কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত করে। আবার আম্লিক ফেরিক লবণকে ফেরাস লবণে পরিণত করে;



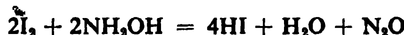
মারকারি, গোল্ড, সিলভার, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর লবণের দ্রবণ বিজারিত করিয়া হাইড্রক্সিল-অ্যামিন ঐ সকল ধাতু নিষ্কাশিত করে;



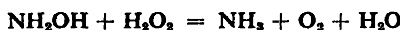
জারকরূপে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন আর্সেনাইটকে আর্সেনেটে, স্ট্যানাস লবণকে স্ট্যানিক লবণে জারিত করে। ক্ষারীয় দ্রবণে, ফেরাস অক্সাইড উহাদ্বারা ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



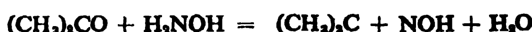
আবার, হাইড্রক্সিল-অ্যামিন সোডিয়াম-বাইকার্বনেটের উপস্থিতিতে আয়োডিনকে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডে বিজারিত করে।



এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে:

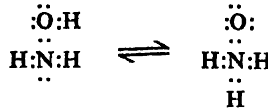


কার্বনিল সমন্বিত জৈব-যৌগের সঙ্গে উহা বিক্রিয়া করে এবং অক্সিম উৎপাদন করে:



হাইড্রক্সিল-অ্যামিন অনেক সময় জৈব-যৌগের সংশ্লেষণে প্রয়োজন হয়। বিজারকরূপেও উহা ব্যবহৃত হয়।

সংরচনা। হাইড্রক্সিল-অ্যামিনের গঠনবিন্যাস দুই রকমে সম্ভব,



এইরূপ দুই প্রকার সংরচনার মধ্যে চলাবয়বতা (tautomerism) রহিয়াছে মনে হয়।

**১৮-১৭। নাইট্রোজেনের অক্সাইড।** নাইট্রোজেনের পাঁচটি অক্সাইড আছে। স্পষ্টতঃই এই সকল অক্সাইডে নাইট্রোজেনের জারণ-মাত্রা বিভিন্ন হইবে। এই অক্সাইডগুলির তালিকা নীচে দেওয়া হইল:

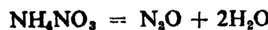
| অক্সাইড | সংকেত | সাধারণ উষ্ণতায় | স্ফুটনাঙ্ক °C | জারণ-সংখ্যা |
|---|---|---|---|---|
| নাইট্রাস অক্সাইড | $N_2O$ | গ্যাস | −88.5 | +1 |
| নাইট্রিক অক্সাইড | $NO$ | গ্যাস | −151.8 | +2 |
| ডাইনাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড | $N_2O_3$ | গ্যাস | +3.5 | +3 |
| ডাইনাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড | $N_2O_4$ | তরল | +21.3* | +4 |
| ডাইনাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড | $N_2O_5$ | তরল | +47.0* | +5 |

(* বিভাজন)

মনে রাখিতে হইবে হাইড্রোজেন যৌগে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা ছিল নিম্নরূপ:

| হাইড্রাইড ঃ | অ্যামোনিয়া, $NH_3$ | হাইড্রাজিন, $N_2H_4$ | হাইড্রক্সিল-অ্যামিন, $NH_2OH$ |
|---|---|---|---|
| জারণ-সংখ্যা ঃ | −3 | −2 | −1 |

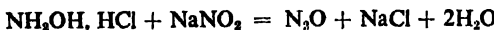
**১৮-১৮। নাইট্রাস অক্সাইড, $N_2O$।** ল্যাবরেটরীতে নাইট্রাস অক্সাইড অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া উহার বিভাজন হইতে তৈয়ারী করা হয়।



$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

জলীয় বাষ্প (এবং কোন NO থাকিলে), উহা দূর করার জন্য গাঢ় $H_2SO_4$ ও $FeSO_4$ দ্রবণের ভিতর দিয়া গ্যাসটি পরিচালিত করিয়া লইতে হয়। ঠাণ্ডা জলে যথেষ্ট দ্রাব্য হওয়ায় গ্যাসটিকে গরম জলের উপর সংগ্রহ করাই রীতি।

বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড প্রয়োজন হইলে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের বিক্রিয়া হইতে প্রস্তুত করা হয়;



$$NH_2OH, HCl + NaNO_2 = N_2O + NaCl + 2H_2O$$

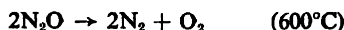
**ধর্ম।** নাইট্রাস অক্সাইড মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। ঠাণ্ডা জলে ও কোহলে ইহার দ্রাব্যতা যথেষ্ট। ইহা একটি প্রশম-অক্সাইড।

অক্সিজেনের মত নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসও নিজে অদাহ্য কিন্তু অপরের দহনে ও প্রজ্বলনে সহায়তা করে। প্রজ্বলিত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ফসফরাস, কার্বন প্রভৃতি এই গ্যাসের ভিতর অধিকতর তীব্রতার সহিত জ্বলিতে থাকে। এই সকল দহনের ফলে সর্বদাই নাইট্রোজেন এবং ঐসকল পদার্থের অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2 \quad ; \quad 4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$

বস্তুতঃ নাইট্রাস অক্সাইড উত্তাপ-প্রয়োগে বিযোজিত হইয়া যায় এবং নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। এই উৎপন্ন অক্সিজেনই দহনে সহায়তা করে।

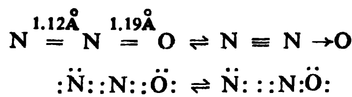


$$2N_2O \rightarrow 2N_2 + O_2 \qquad (600°C)$$

শরীরের উপর নাইট্রাস অক্সাইডের বিশেষ ক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়। শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত স্বল্প পরিমাণে উহা গ্রহণ করিলে সাধারণতঃ উহা হাসির উদ্রেক করে। এই জন্য উহাকে 'লাফিং গ্যাস' (Laughing gas) বলে। অতিরিক্ত পরিমাণে ইহা গ্রহণ করিলে মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে। চেতনানাশক রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অক্সিজেনের সহিত নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্মের অনেকটা মিল আছে। কিন্তু নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত মিলিত হইয়া তামাটে কোন গ্যাস উৎপন্ন করে না।

আণবিক বর্ণালী পরীক্ষায় এবং রঞ্জনরশ্মির বিবর্তন হইতে দেখা গিয়াছে, নাইট্রাস অক্সাইড অণুতে দুইটি নাইট্রোজেন সরাসরি যুক্ত এবং পরমাণু তিনটি সরল ঋজুরেখাতে বিধৃত। দুইটি সাম্ভাব্য গঠন-বিন্যাসের মধ্যে সংস্পন্দন বিদ্যমান।



$$N \overset{1.12Å}{=} N \overset{1.19Å}{=} O \rightleftharpoons N \equiv N \rightarrow O$$

$$:\ddot{N}::N::\ddot{O}: \rightleftharpoons \ddot{N}:::N:\ddot{O}:$$

## ১৮-১৯। নাইট্রিক অক্সাইড, NO।

সাধারণ উষ্ণতায় নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (1:1) এবং কপারের ক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়।



$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

এই গ্যাসের সহিত অন্যান্য নাইট্রোজেন-অক্সাইড সামান্য মিশ্রিত থাকে। সেই জন্য উৎপন্ন গ্যাসকে একটি $FeSO_4$-দ্রবণে পরিচালিত করা হয়, ফেরাস সালফেট কেবলমাত্র নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করিয়া একটি বাদামী $Fe(NO)SO_4$ যৌগ অধঃক্ষিপ্ত করে। পরে এই যৌগ উত্তপ্ত করিলে আবার NO-গ্যাস পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করার জন্য সচরাচর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণের সঙ্গে ফেরাস সালফেট অথবা মারকারি উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়।



$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6FeSO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O + 2NO$$



$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6Hg = 3Hg_2SO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O + 2NO$$

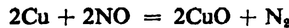
(১) নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ঈষৎ ভারী, বর্ণহীন একটি গ্যাস। জলে ইহা খুব অল্পই দ্রবীভূত হয়। শরীরের উপর এই গ্যাসের বিষক্রিয়া আছে।

(২) নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। গ্যাসটি নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না। নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ গ্যাস-জারের ভিতর জ্বলন্ত মোমবাতি, কাঠি বা সালফার দিলে উহারা নির্বাপিত হইয়া যায়। কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্বলিত ফস-ফরাস বা ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে স্বচ্ছন্দে জ্বলিতে থাকে। কারণ, অধিক উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দেয় এবং এই অক্সিজেন দহনকার্যে সহায়তা করে।



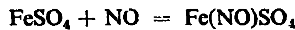
$$2NO = N_2 + O_2 \quad ; \quad 4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

উত্তপ্ত কপারের দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড বিজারিত হয়,



$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

(৩) নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেট দ্রবণে খুব সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়। বস্তুতঃ ইহা একটি রাসায়নিক সংযোগ। ফেরাস সালফেট ও নাইট্রিক অক্সাইড হইতে একটি যুত-যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়। উত্তাপ দিলে আবার ইহা ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4$$



তাপ প্রয়োগে, $Fe(NO)SO_4 \rightarrow FeSO_4 + NO$

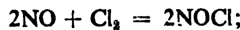
এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইডকে বিশুদ্ধ করা হয়।

(৪) নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই লাল নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়;



$$2NO + O_2 = N_2O_4$$

এবং ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$$2NO + Cl_2 = 2NOCl;$$

( অনুঘটক-চারকোল )

(৫) আম্লিক পটাস পারম্যাঙ্গানেট বা আয়োডিন দ্রবণ আস্তে আস্তে নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করে ও উহাকে জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করে।

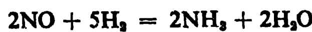


$$6KMnO_4 + 12H_2SO_4 + 10NO = 6KHSO_4 + 6MnSO_4 + 10HNO_3 + 4H_2O$$



$$3I_2 + 2NO + 4H_2O = 2HNO_3 + 6HI$$

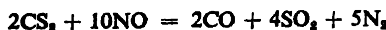
(৬) উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ হইতে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।



$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$$

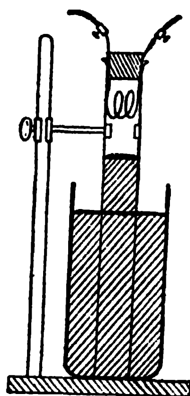
**পরীক্ষা।** বাতাস বা অক্সিজেন সহযোগে লাল গ্যাস উৎপন্ন করা এবং ফেরাস সালফেট দ্রবণকে কালো করা—এই দুইটি পরিবর্তনদ্বারাই সাধারণতঃ নাইট্রিক অক্সাইডের অস্তিত্ব প্রমাণ করা হয়।

কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পের সহিত নাইট্রিক অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া আগুণ ধরাইয়া দিলে উহা নীল বর্ণের শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।



$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

**নাইট্রিক অক্সাইডের সংযুতি ও সঙ্কেত।** একটি শক্ত কাচের নলের একটি মুখ রবার কর্কের সাহায্যে আঁটিয়া লওয়া হয়। এই কর্কের ভিতর দিয়া দুইটি সরু প্লাটিনাম শলাকা দেওয়া হয়। উহাদের প্রান্তদুইটি একটি সরু কুণ্ডলাকার লোহার তারদ্বারা যুক্ত থাকে (spiral of iron wire)। নলটি তৎপর পারদপূর্ণ করিয়া একটি পারদ-দ্রোণীর উপর উল্টাইয়া রাখা হয়। অতঃপর নলের ভিতর পারদের উপরে কিছু পরিমাণ শুষ্ক ও বিশুষ্ক নাইট্রিক অক্সাইড সংগৃহীত করা হয় (চিত্র ১৮-জ)। ভিতরে ও বাহিরে পারদ সমতল করিয়া এই নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তন স্থির করা হয়। ইহার পর প্লাটিনাম শলাকা দুইটির সাহায্যে একটি ব্যাটারী হইতে লোহার তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালনা করা হয়। লোহার সরু তারটি শ্বেততপ্ত হইয়া উঠে এবং উত্তাপের ফলে নাইট্রিক অক্সাইড বিযোজিত হইয়া যায়। উৎপন্ন অক্সিজেন লোহার সহিত সংযুক্ত হইয়া আয়রন অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কেবল নাইট্রোজেন পড়িয়া থাকে।



চিত্র ১৮-জ।

নাইট্রিক অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে বিযোজিত হইয়া গেলে যন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া পূর্বের উষ্ণতায় আনিয়া আবার ভিতর ও বাহিরের পারদ সমতল করিয়া নাইট্রোজেনের আয়তন স্থির করা হয়। সর্বদাই দেখা যায়, উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন নাইট্রিক অক্সাইডের আয়তনের ঠিক অর্ধেক। অর্থাৎ, দুই ঘনায়তন নাইট্রিক অক্সাইড হইতে এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

অতএব, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে

2টি নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে 1টি নাইট্রোজেন অণু অর্থাৎ 2টি পরমাণু থাকে।

$\therefore$ 1টি নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে 1টি নাইট্রোজেন পরমাণু থাকে।

মনে কর, নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে দ্বিতীয় মৌল অক্সিজেনের পরমাণুসংখ্যা $= x$

$\therefore$ নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্কেত হইবে, $NO_x$;

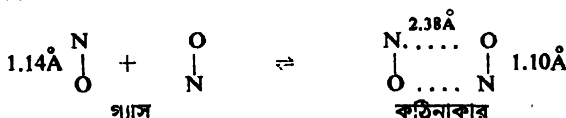
এবং ইহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $14 + x \times 16$।

কিন্তু নাইট্রিক অক্সাইডের ঘনত্ব $= 15$; অথবা, ইহার আণবিক গুরুত্ব, 30।

সুতরাং, $14 + x \times 16 = 30, \quad \therefore \; x = 1$

$\therefore$ নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত, NO।

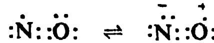
**সংরচনা।** নাইট্রিক অক্সাইডের দুইটি পরমাণু মিলিয়া সবশুদ্ধ এগারটি যোজ্যতা-ইলেকট্রন আছে। সুতরাং দুইটি করিয়া ইলেকট্রন-যুগল বা বন্ধন করিলেও একটি এলেকট্রন 'একক' থাকিয়া যাইবেই। এই জন্য গ্যাসীয় নাইট্রিক অক্সাইড সমচুম্বকীয় (paramagnetic)। তরল বা কঠিন অবস্থায় কিন্তু এই পদার্থটির বিষম-চুম্বকত্ব (diamagnetic) দেখা যায়। তাহার কারণ, তরল বা কঠিনাকারে উহার দুইটি অণু পরস্পরের সঙ্গে সম্মিলিত থাকে।



গ্যাসীয় অণুতে বস্তুতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে একটি তিন-ইলেকট্রন যোজক আছে মনে করার কারণ আছে। অতএব উহার ইলেকট্রন-বিন্যাস হইবে।



প্রকৃতপক্ষে, দুইটি সাম্ভাব্য ইলেকট্রন-বিন্যাসের মধ্যে-সংস্পন্দনের ফলে উহার গড় সংরচনা কল্পনা করাই যুক্তিযুক্ত।

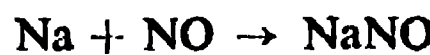


একক ইলেকট্রন থাকায় অণুটি প্রতিসাম্য হইতে পারে না, কিন্তু তবুও উহার ডাইপোল মোমেন্ট খুব কম ($\mu = 0.16D$)। ইহা সংস্পন্দনের অস্তিত্ব নির্দেশ করে।

**১৮-২০। নাইট্রোসিল যৌগ।** একটি একক ইলেকট্রন থাকার জন্য নাইট্রিক অক্সাইডের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। কখনও ইহা অন্য পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী যৌগ গঠন করে, আবার কখনও একটি ইলেকট্রন অপর কোন মৌল পরমাণু বা মূলককে দিয়া উহা ক্যাটায়নরূপে বা একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অ্যানায়নরূপে রাসায়নিক সংযোগ সাধন করে।

(১) ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড সমযোজী নাইট্রোসিল যৌগ তৈয়ারী করে; NOCl, NOBr ইত্যাদি। ইহাদের মধ্যে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(২) তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণে কোন কোন ধাতু হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া 'ধাতব নাইট্রোসিল' যৌগ তৈয়ারী হয়; যেমন,

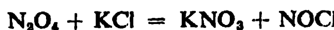


(৩) আবার ক্যাটায়নরূপে $NO^+$ পরোক্ষে নানা মূলকের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রো-সোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন করে; যেমন, নাইট্রোসোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট, $NOHSO_4$, নাইট্রোসেনিয়াম ক্লোরোপারক্লোরেট, $NOClO_4$; নাইট্রোসোনিয়াম ক্লোরো-অ্যান্টিমোনেট $NOSbCl_6$, ইত্যাদি।

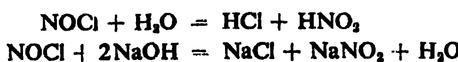
**নাইট্রোসিল ক্লোরাইড, NOCl।** 50°C তাপমাত্রায় চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রিক অক্সাইড এবং ক্লোরিনের সাক্ষাত-সংযোগে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



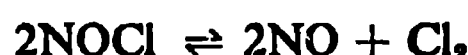
কিন্তু আরও সহজে সিক্ত KCl-এর উপর দিয়া $N_2O_4$-গ্যাস পরিচালনা করিলেই NOCl-গ্যাস পাওয়া সম্ভব। এই গ্যাসটিকে একটি হিমমিশ্রাবৃত পাত্রে লইয়া গেলে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড (NOCl, স্ফুটনাঙ্ক, − 6.4°) উজ্জ্বল লাল তরলাবস্থায় পাওয়া যায়।



নাইট্রোসিল ক্লোরাইডকে নাইট্রাস অ্যাসিডের অ্যাসিড-ক্লোরাইড বলিয়া ধরা যাইতে পারে এবং সেই কারণেই উহা জল বা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে;

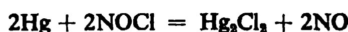


নাইট্রোসিল ক্লোরাইড গ্যাস প্রায় 700°C তাপমাত্রায় বিয়োজিত হইয়া যায়,



$$2NOCl \rightleftharpoons 2NO + Cl_2$$

কোন কোন ধাতু, যেমন Hg, Zn প্রভৃতি ইহাদ্বারা আক্রান্ত হয়।, অনেক ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে ইহা মিলিত হইয়া নাইট্রোসোনিয়াম লবণ উৎপাদন করে:

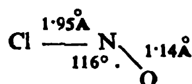


$$2Hg + 2NOCl = Hg_2Cl_2 + 2NO$$



$$NOCl + AlCl_3 = NOAlCl_4$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইডের গঠন-সংকেত,




অর্থাৎ, অণুটি সরল রেখাকৃতি নয়।

**১৮-২১। ডাই-নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, $N_2O_3$।** আর্সেনিয়াম অক্সাইড কিংবা স্টার্চের সঙ্গে শতকরা 60% নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করিলে একটি গাঢ় লাল রংয়ের গ্যাস বাহির হইয়া আসে। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি হিমমিশ্রাবৃত পাত্রে লইয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা গাঢ় নীল তরলে পরিণত হয়। ইহাই ডাইনাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, যদিও ইহার খানিকটা বিয়োজিত হইয়া থাকে।



$$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = 2H_3AsO_4 + N_2O_3$$



$$N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$$

যৌগটি খুব অস্থায়ী, সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয় অবস্থায় উহার প্রায় 90% বিযোজিত হইয়া পড়ে।

ডাইনাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড নাইট্রাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলিয়া মনে করা যায়। ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে উহা নাইট্রাইট্ লবণ উৎপাদন করে। গাঢ় $H_2SO_4$ লাল গ্যাসটি শোষণ করিয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড দেয়।

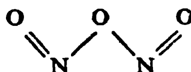


$$N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$$



$$ONONO + 2SO_2(OH)_2 = 2SO_2(OH)O.NO + H_2O$$

ইহার গঠন-সংকেত ;




**১৮-২২। ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড, $N_2O_4$।** সাধারণতঃ লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা হয়।

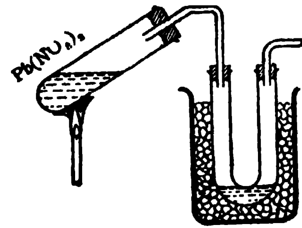


$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

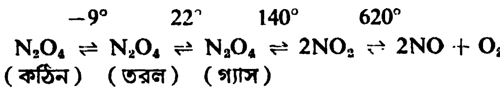
একটি মোটা ও শক্ত কাচের টেস্ট-টিউবে শুষ্ক বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট লইয়া আস্তে আস্তে উত্তপ্ত করিলে লাল নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন নির্গম-নল দিয়া বাহির

হইয়া আসে। শীতল U-নলের গ্রাহকে উহা হিমমিশ্র দ্বারা ঘনীভূত হইয়া একটি হলুদ তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন বাহির হইয়া যায় (চিত্র ১৮-ঝ)।

**নাইট্রোজেন ট্রেটোক্সাইডের ধর্ম।** সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড একটি পিঙ্গল-বর্ণের গ্যাস। কিন্তু $-9°C$ উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার ধারণ করে। এই কঠিন পদার্থটিতে অণুগুলি $N_2O_4$ অবস্থায় থাকে। উষ্ণতা বাড়াইলে উহা ঈষৎ হলুদ একটি তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং $22°C$-এ এই তরল পদার্থটি ফুটিতে থাকে এবং পিঙ্গল গ্যাসে পরিণত হয়। উষ্ণতা যতই বৃদ্ধি পায় ততই উহার বর্ণ অধিকতর লাল হইতে থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে $N_2O_4$ অণুগুলি বিয়োজিত হইতে থাকে এবং $NO_2$ অণুর উদ্ভব হয়। $N_2O_4$ অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু $NO_2$ অণুগুলি লালবর্ণের $140°C$-এ $N_2O_4$ অণুসমূহ সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া $NO_2$ অণুতে রূপান্তরিত হয়। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার রঙ ফিকা হইতে থাকে। কারণ $NO_2$ অণু বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে।

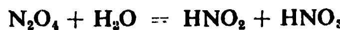


চিত্র ১৮-ঝ
নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড-প্রস্তুতি



$$\underset{\text{(কঠিন)}}{N_2O_4} \overset{-9°}{\rightleftharpoons} \underset{\text{(তরল)}}{N_2O_4} \overset{22°}{\rightleftharpoons} \underset{\text{(গ্যাস)}}{N_2O_4} \overset{140°}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \overset{620°}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2$$

নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই জন্য উহাকে অ্যাসিড দুইটির মিশ্র-নিরুদক বলা হয়।



$$N_2O_4 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$

উষ্ণতা অধিক হইলে নাইট্রাস অ্যাসিড অবশ্য ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের জারণ-ক্ষমতাও উল্লেখযোগ্য। যথা:

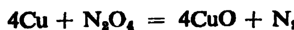


$$2CO + N_2O_4 = 2CO_2 + 2NO$$



$$2H_2S + N_2O_4 = 2S + 2H_2O + 2NO$$

লোহিত-তপ্ত কপারের সহিত বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের সম্পূর্ণ নাইট্রোজেন পৃথক করা সম্ভব।



$$4Cu + N_2O_4 = 4CuO + N_2$$

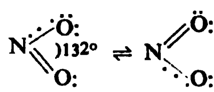
এই বিক্রিয়াটির সাহায্যেই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

গাঢ় $H_2SO_4$-এ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড শোষিত হইয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড দেয়।

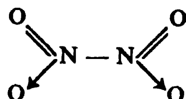


$$2NO_2 + H_2SO_4 = SO_2(OH)ONO + HNO_3$$

**গঠন-সংকেত।** নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে একটি একক ইলেকট্রন রহিয়াছে এবং অণুটিও সমচুম্বকীয়। অণুটি সরল রেখাকার নয়। উহাদের মধ্যের কোণটি 132° এবং N—O যোজকটির দৈর্ঘ্য 1.20A° অর্থাৎ একযোজী এবং দ্বিযোজী বন্ধনের (double bond) মধ্যবর্তী। সুতরাং অণুটির সংস্পন্দিত দুইটি ইলেকট্রন-বিন্যাস রহিয়াছে।



নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডে কোন 'একক' ইলেকট্রন নাই। রঞ্জনরশ্মির বিবর্তনসাহায্যে দেখা যায় উহার গঠন-সংকেত হইবে



**১৮-২২ক। নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড, $N_2O_5$।** ফসফরাস পেন্টোক্সাইডদ্বারা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদনের ফলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়। একটি বকযন্ত্রে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের মিশ্রণ লইয়া একটি জলগাহে ধীরে ধীরে সামান্য তাপিত করিলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাতিত হইয়া আসে এবং কমলা রংয়ের তরলাকারে গ্রাহকে সংগৃহীত হয়।



$$P_2O_5 + 2HNO_3 = N_2O_5 + 2HPO_3$$

শুষ্ক তাপিত সিলভার নাইট্রেটের উপর শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়াতেও নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$4AgNO_3 + 2Cl_2 = 4AgCl + 2N_2O_5 + O_2$$

কঠিন অবস্থায় নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায় (হিমাঙ্ক, 29°C)। তরল অবস্থায় ইহা ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া $N_2O_4$-এ পরিণত হয়, এবং 50°C-এ এই বিভাজন বিস্ফোরণসহ ঘটে।



$$2N_2O_5 = 2N_2O_4 + O_2$$

জলের সহিত যুক্ত হইয়া ইহা নাইট্রিক-অ্যাসিড দেয়,

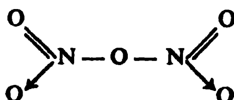


$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

অর্থাৎ, ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড।

সোডিয়াম, ফসফরাস প্রভৃতি তরল $N_2O_5$-এর সঙ্গে গরম করিলে জ্বলিয়া ওঠে। চারকোল গ্যাসীয় $N_2O_5$-এ উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলে।

কঠিন অবস্থায় রঞ্জনরশ্মির বিবর্তন পরীক্ষায় দেখা যায়, উহার অণুর গঠন, $[NO_2^+][NO_3^-]$-কিন্তু বাষ্পীয় অবস্থায় উহার গঠন-সংকেত নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হয়,



## নাইট্রোজেনের অক্সি-অ্যাসিড

নাইট্রোজেনের চারিটি অক্সি-অ্যাসিড উল্লেখযোগ্য :

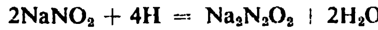
১। হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড, $H_2N_2O_2$ ৩। নাইট্রিক অ্যাসিড, $HNO_3$

২। নাইট্রাস অ্যাসিড, $HNO_2$ ৪। পারনাইট্রিক অ্যাসিড, $HNO_4$

বলা বাহুল্য, ইহাদের মধ্যে নাইট্রিক অ্যাসিডের গুরুত্বই সর্বাধিক।

**১৮-২৩। হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড, $H_2N_2O_2$।** হাইপো-নাইট্রাস অ্যাসিড পাইতে হইলে প্রথমতঃ উহার সোডিয়াম এবং সিলভার লবণ তৈয়ারী করিয়া লইতে হয় এবং সেই জন্য একাধিক পদ্ধতি প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

(১) শীতল অবস্থায় সোডিয়াম-নাইট্রাইট দ্রবণকে সোডিয়াম-পারদসংকর দ্বারা বিজারিত করিলে সোডিয়াম-হাইপোনাইট্রাইট উৎপন্ন হয়।



$$2NaNO_2 + 4H = Na_2N_2O_2 + 2H_2O$$

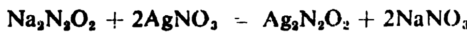
বিক্রিয়াশেষে দ্রবণটি ছাঁকিয়া লইয়া একটি পর্সেলীনের ডিসে করিয়া গাঢ় $H_2SO_4$-এর শোষকাধারে শূন্যচাপে রাখিয়া দেওয়া হয়। তখন ধীরে ধীরে $Na_2N_2O_2$, $5H_2O$ কেলাসিত হইতে থাকে। এই কেলাসিত লবণকে ছাঁকিয়া, কোহল দ্বারা ধুইয়া আবার শূন্যচাপে $H_2SO_4$-শোষকাধারে রাখিয়া দিলে অনাদ্র $Na_2N_2O_2$ পাওয়া যায়।

(২) সোডিয়াম-হাইড্রক্সিল-অ্যামিন মনো-সালফোনেটকে কস্টিক ক্ষার দ্বারা আদ্র-বিশ্লেষণ করিলেও সোডিয়াম-হাইপোনাইট্রাইট পাওয়া যায় :



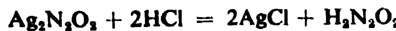
$$2HONH(SO_3Na) + 4NaOH = Na_2N_2O_2 + 2Na_2SO_3 + 4H_2O$$

সোডিয়াম-হাইপোনাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণে অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে উজ্জ্বল পীতবর্ণের সিলভার-হাইপোনাইট্রাইট, $Ag_2N_2O_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয় :



$$Na_2N_2O_2 + 2AgNO_3 = Ag_2N_2O_2 + 2NaNO_3$$

এই সিলভার লবণকে ছাঁকিয়া লইয়া ধুইয়া বিশুষ্ক করা হয় এবং উহাকে অল্প অল্প করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের অনাদ্র ইথিরীয় দ্রবণে দেওয়া হয়। ইহার ফলে সিলভার ক্লোরাইড-এর অধঃক্ষেপ পড়ে এবং ইথিরীয় দ্রবণে হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড থাকে। ইথার দ্রবণটিকে ছাঁকিয়া লইয়া উদ্বায়িত করিলে সাদা পাতের মত হাইপো-নাইট্রাস অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$Ag_2N_2O_2 + 2HCl = 2AgCl + H_2N_2O_2$$

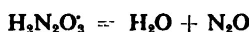
এই অ্যাসিড অত্যন্ত অস্থায়ী এবং কঠিন অবস্থাতেই বিস্ফোরণ সহকারে বিযোজিত হয়।

জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল-অ্যামিন ও নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়াতেও সামান্য হাইপো-নাইট্রাস অ্যাসিড হয়। সিলভার নাইট্রেট দিয়া উহাকে অধঃক্ষিপ্ত করা যায়।



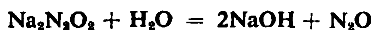
$$HONH_2 + ONOH = HON{=}NOH + H_2O$$

**ধর্ম।** হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড দুঃস্থিত যৌগ এবং বিযোজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড এবং জল দেয়।



$$H_2N_2O_2 = H_2O + N_2O$$

এমন কি অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণেরও ঐরূপ বিভাজন হয়। সোডিয়াম হাইপোনাইট্রাইটের দ্রবণকে ফুটাইলেও ঐরূপ বিভাজন ঘটে।



$$Na_2N_2O_2 + H_2O = 2NaOH + N_2O$$

উত্তপ্ত করিলে, কঠিন অবস্থায় সব হাইপোনাইট্রাইট লবণের বিভাজন হয়,



$$3Na_2N_2O_2 = 2NaNO_2 + 2Na_2O + 2N_2$$

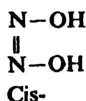
হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড একটি অত্যন্ত ক্ষীণ দ্বিক্ষারী অম্ল; উহার দুই প্রকার লবণ আছে; যেমন, $BaN_2O_2$ এবং $Ba(HN_2O_2)_2$।

এই অ্যাসিডটির বিজারণ গুণ আছে, ক্ষারীয় পারমাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত করে।

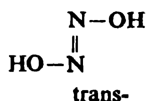
**গঠন-সংকেত।** (১) হিমাঙ্ক অবনমন হইতে সোডিয়াম হাইপোনাইট্রাইট এবং ডাই-ইথাইল হাইপোনাইট্রাইটের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $H_2N_2O_2$ স্থির হইয়াছে।

(২) যেহেতু অ্যাসিড হইতে শমিত লবণ এবং অম্ল-লবণ দুই-ই পাওয়া যায়। উহার দুইটি হাইড্রোজেনই আয়নিত হইতে পারে, সুতরাং উহার সংকেত হইবে, $N_2(OH)_2$।

(৩) এখন ইহার গঠনাত্মক সংরচনা দুই প্রকারের হওয়া সম্ভব, সমপক্ষ বা Cis-যৌগ কিংবা বিষমপক্ষ বা trans-যৌগ।




Cis-




trans-

কিন্তু অণুটির ডাইপোল মোমেন্ট শূন্য হওয়াতে উহার বিষমপক্ষ গঠনই আছে মনে করিতে হইবে।

**১৮-২৪। নাইট্রাস অ্যাসিড, $HNO_2$।** নাইট্রাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু উহার জলীয় দ্রবণ এবং উহার বিভিন্ন লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়।

বেরিয়াম নাইট্রাইটের লঘু দ্রবণের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলেই নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া লইলেই নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2$$

অথবা,

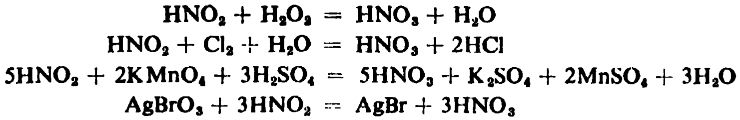
$$NaNO_2 + CH_3COOH = CH_3COONa + HNO_2$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণটি দীর্ঘকাল রাখিয়া দিলে বা উহার উষ্ণতা বাড়াইলে উহার পরিবর্তন ঘটে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



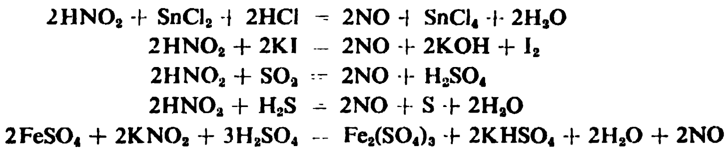
$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

**নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম।** নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ-ক্ষমতা দুই-ই আছে। আম্লিক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতির দ্রবণকে উহা বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



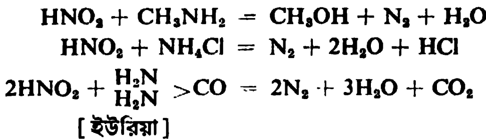
$$HNO_2 + H_2O_2 = HNO_3 + H_2O$$
$$HNO_2 + Cl_2 + H_2O = HNO_3 + 2HCl$$
$$5HNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5HNO_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$$
$$AgBrO_3 + 3HNO_2 = AgBr + 3HNO_3$$

পক্ষান্তরে, নাইট্রাস অ্যাসিডের সাহায্যে স্ট্যানাস লবণের স্ট্যানিক লবণে পরিণতি, আয়োডাইড হইতে আয়োডিনের উদ্ভব, সালফার ডাই-অক্সাইডের সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তন ইত্যাদি উহার জারণ-ক্ষমতার পরিচায়ক। এই সকল জারণ-ক্রিয়াতে অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2HNO_2 + SnCl_2 + 2HCl = 2NO + SnCl_4 + 2H_2O$$
$$2HNO_2 + 2KI = 2NO + 2KOH + I_2$$
$$2HNO_2 + SO_2 = 2NO + H_2SO_4$$
$$2HNO_2 + H_2S = 2NO + S + 2H_2O$$
$$2FeSO_4 + 2KNO_2 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2KHSO_4 + 2H_2O + 2NO$$

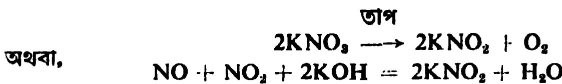
অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ এবং $-NH_2$ মূলক বর্তমান এই রকম অ্যামিনো-যৌগের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়:



$$HNO_2 + CH_3NH_2 = CH_3OH + N_2 + H_2O$$
$$HNO_2 + NH_4Cl = N_2 + 2H_2O + HCl$$
$$2HNO_2 + \begin{matrix} H_2N \\ H_2N \end{matrix} > CO = 2N_2 + 3H_2O + CO_2$$

[ইউরিয়া]

নাইট্রাইট লবণগুলি জলে দ্রবণীয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রাইট নিম্নলিখিত উপায়ে পাওয়া যায়।



$$2KNO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} 2KNO_2 + O_2$$

অথবা,

$$NO + NO_2 + 2KOH = 2KNO_2 + H_2O$$

**নাইট্রাইট ও নাইট্রাস অ্যাসিডের পরীক্ষা।** (১) নাইট্রাইট বা নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণে লঘু HCl দিলে লাল $NO_2$ গ্যাস বাহির হয়।

(২) পটাস আয়োডাইডের আম্লিক দ্রবণ হইতে উহারা আয়োডিন উৎপন্ন করে।

(৩) আম্লিক পটাস পারম্যাঙ্গানেট উহারা বিরঞ্জিত করে।

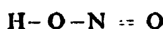
(৪) মেটাফিনিলিন-ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ উহারা পিঙ্গল করে।

**গঠন-সংকেত।** ধাতব নাইট্রাইটের কঠিন অবস্থায় পরীক্ষা করিলে দেখা যায় উহাতে নাইট্রাইট আয়ন রহিয়াছে। নাইট্রাইট আয়নের বিন্যাস,



$$[O-\dot{N}=O]^- \text{ অর্থাৎ } [:\ddot{O}:\ddot{N}::\ddot{O}:]^-$$

সুতরাং নাইট্রাস অ্যাসিডের সংরচনা হইবে,



$$H-O-N=O$$

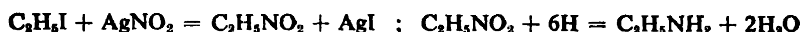
ইথাইল নাইট্রাইটের বিজারণে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় এবং ইথাইল্ কোহল উৎপন্ন হয়,



$$C_2H_5-O-N=O+6H = C_2H_5OH+NH_3+H_2O$$

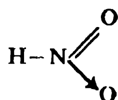
এই বিক্রিয়া উপরোক্ত গঠন-সংকেত সমর্থন করে।

পক্ষান্তরে সিলভার নাইট্রাইট ও ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়াতে নাইট্রোইথেন হয়, উহার বিজারণে ইথাইল-অ্যামিন পাওয়া যায়।

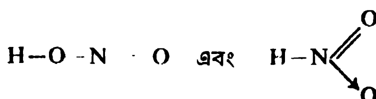


$$C_2H_5I+AgNO_2 = C_2H_5NO_2+AgI \;;\; C_2H_5NO_2+6H = C_2H_5NH_2+2H_2O$$

অর্থাৎ এখানে ইথাইল মূলক নাইট্রোজেনের সঙ্গে সাক্ষাৎ-যুক্ত। অতএব, নাইট্রাস অ্যাসিডের গঠন হওয়া উচিত,



বস্তুতঃ দুইটি সংকেতের সাম্য রহিয়াছে মনে করা হয়,



## নাইট্রিক অ্যাসিড

১৮-২৫। নাইট্রিক অ্যাসিড, $HNO_3$। নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার বহুকাল হইতে চলিয়া আসিতেছে। অ্যালকেমী যুগের বিজ্ঞানীরা নাইট্রিক অ্যাসিড 'অ্যাকোয়া-ফর্টিস' (Aqua fortis) অর্থাৎ 'শক্তিশালী জল' হিসাবে ব্যবহার করিতেন। জাবের (Geber) ফটকিরি ও হিরাকসের সহিত নাইটার একত্রে পাতিত করিয়া অ্যাকোয়া-ফর্টিস্ প্রস্তুত করিতেন। সপ্তদশ শতাব্দীর মধ্যভাগে গ্লবার (Glauber) নাইটার ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষের দিকে ল্যাভয়সিয়র কর্তৃক ইহার সংযুতি নির্ধারিত হয়।

**প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট সালফিউরিক অ্যাসিডসহ পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



$$KNO_3+H_2SO_4 = KHSO_4+HNO_3, \quad (200°C)$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট উদ্বৃত্ত থাকিলে এবং উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বাড়াইলে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।



$$KNO_3+KHSO_4 = K_2SO_4+HNO_3, \quad (800°C)$$

কিন্তু এই শেষোক্ত বিক্রিয়াটি দুইটি কারণে সচরাচর সংঘটিত করানো হয় না। প্রথমতঃ অধিকতর উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের কতকাংশ বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$4HNO_3 = 4NO_2+2H_2O+O_2$$

এবং দ্বিতীয়তঃ পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট গলিত অবস্থায় সহজেই পাত্র হইতে বাহির করা সম্ভব, কিন্তু পরবর্তী বিক্রিয়াতে যে পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় তাহা কঠিন হইয়া গেলে সহজে বাহির করিয়া লওয়া সম্ভব নয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অন্যান্য নাইট্রেট হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা যাইতে পারে। কিন্তু সর্বদাই সালফিউরিক

অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। সাধারণতঃ কোন লবণ হইতে অ্যাসিড উৎপন্ন করিতে একটি তীব্রতর অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় কিন্তু এক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা উহার তীব্রতা (strength) কম। তথাপি সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। কারণ উহা অনুদ্বায়ী এবং নাইট্রিক অ্যাসিড খুব সহজেই উদ্বায়ী হইয়া থাকে। এজন্য উদ্বায়ী কোন অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলেই অনুদ্বায়ী বা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী কোন তীব্র অ্যাসিড, বিশেষতঃ সালফিউরিক অ্যাসিড, প্রয়োগ করা হয়।

এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল মিশ্রিত থাকে এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকে। এই কারণে উহার রঙ হলদে হয়। অপেক্ষাকৃত কম চাপে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পুনরায় পাতিত করিয়া 98% বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। 60°C উষ্ণতায় এই অ্যাসিডের ভিতর বুদবুদের আকারে বাতাস পরিচালিত করিলে, $N_2O_4$ দূরীভূত হয় এবং উহা বর্ণহীন হইয়া যায়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাইতে হইলে ইহাকে −42°C-এ শীতল করিয়া কঠিনাকারে পৃথক করিয়া লইতে হয়।

**শিল্প-পদ্ধতি।** বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে, বিশেষতঃ বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে, নাইট্রিক অ্যাসিডের চাহিদা খুব বেশী। প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার তিনটি উপায় আছে।

(১) চিলি সল্টপিটার হইতে—'পাতন-প্রণালী',

(২) বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগ—'আর্ক-প্রণালী',

(৩) অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে—'ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালী'।

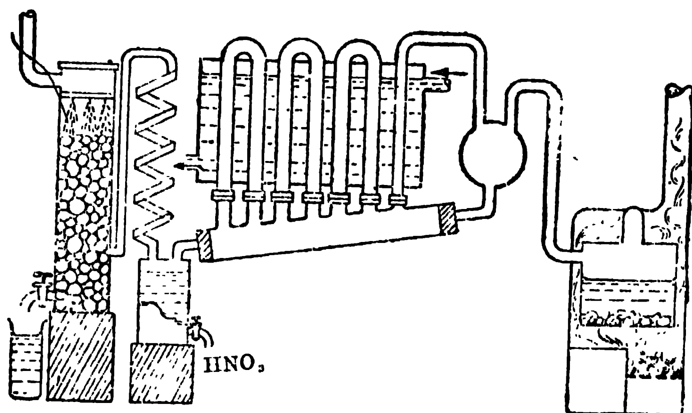
**১৮-২৬। 'পাতন-প্রণালী':** চিলির সমুদ্রোপকূলে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। ইহাকে 'চিলি-সল্টপিটার' বা 'চিলি-শোরা' বলে। চিলি-সল্টপিটার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। অ্যাসিড ও সল্টপিটারের পরিমাণ এমন অনুপাতে লওয়া হয় যাহাতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত তুল্যাঙ্ক পরিমাণ সোডিয়াম সালফেট ও অ্যাসিড সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

একটি বড় লোহার ট্যাঙ্কে প্রায় দশ কুইন্টাল সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কয়লার সাহায্যে 200—250°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। লোহার ট্যাঙ্কটি একটি ছোট ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে রাখা হয়, যাহাতে নীচের কয়লার চুল্লী হইতে তপ্ত গ্যাস ট্যাঙ্কের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সবদিকে সমভাবে উত্তপ্ত করিতে পারে। ইহার ফলে, নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস আর ট্যাঙ্কের ভিতর তরলিত হইতে পারে না। নাইট্রিক অ্যাসিড তরল অবস্থায় লোহা আক্রমণ করিতে পারে কিন্তু গ্যাস অবস্থায় লোহার উপর উহার কোন ক্রিয়া নাই। এই কারণেই ট্যাঙ্কটিকে উত্তপ্ত রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে তরল হইতে দেওয়া হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস উপরের নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির হইয়া কতকগুলি পাথর বা মাটির তৈয়ারী শীতক-নলে প্রবেশ করে। উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে গ্যাস ঘনীভূত হইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে

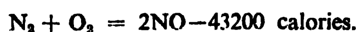
পরিণত হয়। এই সকল শীতক হইতে তরলিত অ্যাসিড নিম্নস্থ পাথরের গ্রাহকে সঞ্চিত হয় ( চিত্র ১৮-ঞ )। সর্বশেষে গ্যাসটি একটি সু-উচ্চ টাওয়ারের নীচে প্রবেশ করে এবং উপরের দিকে উঠিতে থাকে। এই টাওয়ারটি পাথর বা ইষ্টক পূর্ণ থাকে এবং উপর হইতে একটি জলস্রোত নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিড-বাষ্প জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়।




চিত্র ১৮-ঞ। পাতন-প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

এই উপায়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে চিলির সরবরাহের উপর নির্ভর করিতে হয় এবং যানবাহনের সমস্যার সমাধান করিতে হয়। যুদ্ধবিগ্রহের সময় এইরূপ সরবরাহ ব্যাহত হওয়া স্বাভাবিক। এই সকল কারণে উপায়টি সহজ হইলেও সর্বদা এবং সর্বদেশে প্রযোজ্য হইতে পারে না। ভারতে এখন পর্যন্ত যে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়, তাহা প্রধানতঃ এই প্রণালীতেই হইয়া থাকে।

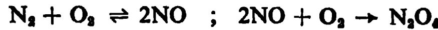
**১৮-২৭। 'আর্ক-প্রণালী'।** বাতাসের অফুরন্ত নাইট্রোজেনকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করার কল্পনা বহুদিনের। বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী বলিয়া অত্যধিক উত্তাপের সাহায্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড কিয়ৎ-পরিমাণে পাওয়া সম্ভব। ১৯০৩ খ্রীষ্টাব্দে বার্কল্যাণ্ড ও আইডের (Birkeland & Eyde) প্রচেষ্টায় প্রচুর পরিমাণে এই সংযোগ-সাধন এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন সম্ভব হয়।



$$N_2 + O_2 = 2NO - 43200 \text{ calories.}$$

এই প্রণালীতে একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 3000°C অধিক উষ্ণতায় একটি বিদ্যুৎ-শিখার ভিতর দিয়া শুষ্ক বায়ুর প্রবাহ পরিচালিত করা হইত। প্রচণ্ড উত্তাপে বায়ুর শতকরা 1.5 ভাগ অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইত। যে গ্যাস বিদ্যুৎচুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসিত উহাকে যথাসম্ভব তাড়াতাড়ি শীতল করা হইত। তাহা না হইলে উৎপন্ন গ্যাস (NO) আবার বিয়োজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হওয়ার সম্ভাবনা। ঠাণ্ডা হইলে উহার সহিত অক্সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-

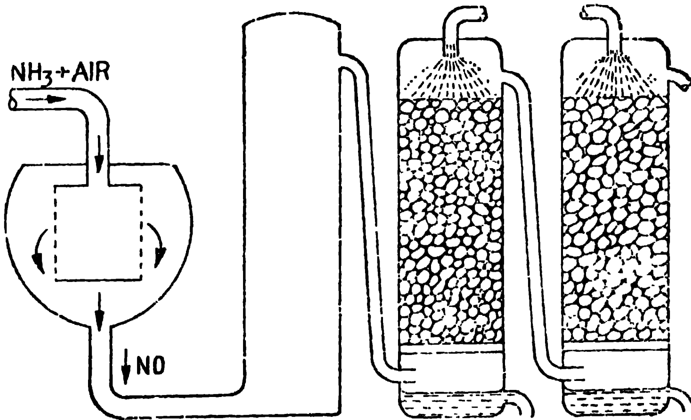
অক্সাইড উৎপন্ন হইত। কয়েকটি পাথর-পূর্ণ টাওয়ারের উপর হইতে প্রবাহিত জলধারাতে এই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হইত।



$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO \quad ; \quad 2NO + O_2 \rightarrow N_2O_4$$

এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য কাঁচামাল, বায়ু এবং জল সর্বত্র বিনা মূল্যে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং যে সব দেশে জলপ্রপাত হইতে সস্তায় বৈদ্যুতিক শক্তি সংগ্রহ করার উপায় নাই, সে সব দেশে এই প্রণালী কখনও প্রযোজ্য নয়। নরওয়ে, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে এই উপায়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত, কিন্তু উহাতে খরচ অত্যন্ত বেশী পড়ে। পরে অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে অনেক সস্তায় ইহা তৈয়ারী করা সম্ভব হইয়াছে। এই কারণেই এই প্রণালীতে এখন আর কোথাও নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয় না।

**১৮-২৮। 'ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালী'।** সহজে ও স্বল্পব্যয়ে হেভার-প্রণালীতে আজকাল অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। অক্সিজেন দ্বারা এই অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রিক




চিত্র ১৮-ট। ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালীতে $HNO_3$ প্রস্তুতি

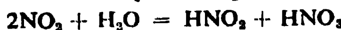
অক্সাইডে পরিণত করা হয়। তাপিত প্লাটিনাম জালি প্রভাবকের সাহায্যে এই বিক্রিয়াটি অতি সহজে ও স্বল্পব্যয়ে এত দ্রুত সম্পন্ন করা সম্ভব যে বর্তমানে অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড এই উপায়েই প্রস্তুত হয়। হেভার পদ্ধতির 12% অ্যামোনিয়া এবং বাতাস হইতে বিশুদ্ধ অক্সিজেন লওয়া হয়।



$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$



$$2NO + O_2 = 2NO_2$$



$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$



$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

1:8 আয়তন অনুপাতের অ্যামোনিয়া ও বাতাসের একটি মিশ্রণ একটি তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির ভিতর দিয়া পরিচালিত হয়। প্লাটিনামের তারজালিটি একটি গোলাকার বাক্সের আকারে লওয়া হয়। উহার তলদেশ পর্সেলীন প্লেট দ্বারা বন্ধ থাকে (চিত্র ১৮-ট)। গ্যাস-মিশ্রণটি তারজালির ভিতর দিয়া অতিক্রম করে। প্রথমে বৈদ্যুতিক

উপায়ে তারজালিটি 700°C উষ্ণতায় রাখা হয়। পরে বিক্রিয়ার ফলে যে উত্তাপের সৃষ্টি হয় তাহাতেই প্লাটিনাম তারজালি তাপিত অবস্থায় (700~800°C) থাকে। অ্যামোনিয়ার শতকরা 90 ভাগেরও বেশী ইহাতে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যে গতিতে গ্যাস-মিশ্রণটি প্লাটিনাম-তারজালি অতিক্রম করে তাহার উপর এই বিক্রিয়া অনেকটা নির্ভর করে। সচরাচর মিশ্রণটি অনুঘটকের সংস্পর্শে 0.03 সেকেণ্ড থাকে। আস্তে আস্তে গ্যাস পরিচালনা করিলে নাইট্রিক অক্সাইড ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয় এবং শীতল অবস্থায় বাতাসের সঙ্গে মিশাইয়া উহাকে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই গ্যাস অতঃপর কতকগুলি শোষক-স্তম্ভের (absorption towers) নীচে প্রবেশ করে। উপর হইতে জলের বা পরবর্তী স্তম্ভের লঘু-অ্যাসিডের ধারা প্রবাহিত করা হয়। স্তম্ভের নীচে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড সঞ্চিত হয়। হেভারের অ্যামোনিয়ার অধিকাংশই নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যয় হয়।

**১৮-২৯। নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম।** (১) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ ঘনত্ব, 1.52। বাতাসে উন্মুক্ত থাকিলে উহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। সাধারণ উষ্ণতাতেও নাইট্রিক অ্যাসিড অল্প-পরিমাণে বিযোজিত হইয়া থাকে।

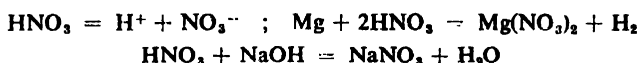


$$2HNO_3 = N_2O_5 + H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 86°C কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফুটিবার সময় নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে বিশ্লেষিত হইয়া যায়। ইহার ফলে অ্যাসিডে জলের পরিমাণ বাড়িতে থাকে। সুতরাং বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত করা সম্ভব নয়। জলের পরিমাণ বাড়িয়া যখন নাইট্রিক অ্যাসিড শতকরা 68 ভাগে দাঁড়ায় তখন উহা 120.5°C-এ ফুটিতে থাকে এবং অবিকৃত অবস্থায় পাতিত হইয়া থাকে।

নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়। $N_2O_4$ দ্রবীভূত অ্যাসিডকে ধূমায়মান অ্যাসিড বলা হয়।

(২) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল। ইহার হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ার ফলে ইহা লবণ ও জল উৎপাদন করে:



$$HNO_3 = H^+ + NO_3^- \quad ; \quad Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$
$$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে উদ্ভূত লবণকে নাইট্রেট বলা হয়। ধাতু বা ক্ষারক বস্তুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে নাইট্রেট প্রস্তুত করা যায়।

উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া যায়,

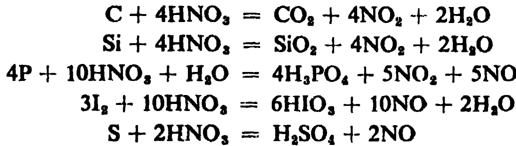


$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

(৩) নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-শক্তি সমধিক।

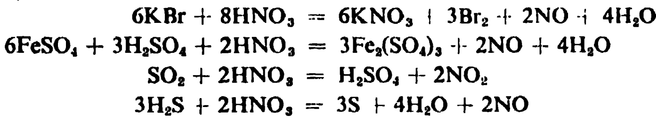
(ক) অধিকাংশ অধাতব মৌল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উহারা জারিত হইয়া অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা: কার্বন ও সিলিকন হইতে

যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকা পাওয়া যায়। ফসফরাস, আয়োডিন, সালফার হইতে সেইরূপ ফসফরিক, আয়োডিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই সকল বিক্রিয়াতে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সর্বদাই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। $Cl_2$, $Br_2$, $N_2$ ও $O_2$-এর সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই।



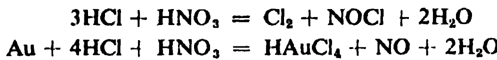
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$Si + 4HNO_3 = SiO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$
$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$
$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

(খ) মৌল ছাড়াও অনেক যৌগিক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া থাকে। যথা: আয়োডাইড ও ব্রোমাইড যৌগসমূহ হইতে আয়োডিন ও ব্রোমিন নির্গত হয়; সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।



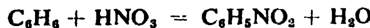
$$6KBr + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3Br_2 + 2NO + 4H_2O$$
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$
$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

(গ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উহাদের তুল্যাঙ্কের 3:1 অনুপাতে মিশ্রিত করিলে উহাকে অম্লরাজ বা aqua regia বলে। উহাতে গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুও দ্রাব্য। বস্তুতঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই মিশ্রণে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে:



$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$$
$$Au + 4HCl + HNO_3 = HAuCl_4 + NO + 2H_2O$$

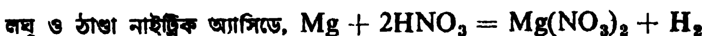
(ঘ) অনেক জৈবজাতীয় যৌগকেও নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে। তাপিন তৈল, কোহল প্রভৃতি পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে এবং জারিত হইয়া যায়। কোন কোন জৈব-পদার্থের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-যৌগ উৎপন্ন হয়; যেমন, বেনজিনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-বেনজিন পাওয়া যায়।



$$C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H_2O$$

(8) বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর উপর অবশ্য নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু অন্যান্য প্রায় সকল ধাতুর সহিতই নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা ধাতব নাইট্রেটে পরিণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর ক্রিয়ার ফলে প্রায়ই নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই জাতীয় বিক্রিয়া হইতে কি কি উৎপন্ন হইবে তাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব, উষ্ণতা এবং ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। নিম্নে কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া নির্দেশ করা হইল:

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের সহিত,



লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডে, $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$

(খ) **কপারের সহিত,**

গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে, $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

(গ) **জিঙ্কের সহিত,**

লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$

নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে, $Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

(ঘ) **মারকারির সহিত,**

লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

কিন্তু অ্যাসিডের পরিমাণ ও গাঢ়ত্ব বেশী হইলে, মারকিউরাস নাইট্রেটের পরিবর্তে মারকিউরিক নাইট্রেট হয়: $3Hg + 8HNO_3 = 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

(ঙ) **সিলভারের সহিত,** $3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$

(চ) **আয়রনের সহিত,**

লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে, $Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O$

কিন্তু অত্যন্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে একটি বিশুদ্ধ লৌহখণ্ড দিলে উহা দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লৌহে' পরিণত হইয়া যায়। সাময়িকভাবে সেই লৌহের রাসায়নিক গুণ লোপ পায়। গাঢ় অ্যাসিডে ক্রোমিয়ামও এইরূপ নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়।

(ছ) **টিনের সহিত,** গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্বারা টিন $\beta$-স্ট্যানিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া যায়:



$$5Sn + 20HNO_3 = (H_2SnO_3)_5 + 20NO_2 + 5H_2O$$

লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে, $4Sn + 10HNO_3 = 4Sn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

অ্যান্টিমনি, আর্সেনিকেরও জারণ হয় এবং অক্সাইড পাওয়া যায়:



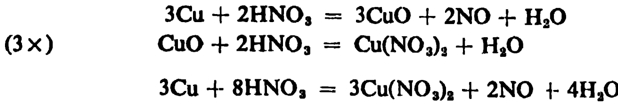
$$Sb + 5HNO_3 = H_3SbO_4 + 5NO_2 + H_2O$$

স্পষ্টতঃই ধাতুর সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া একটা জটিল ব্যাপার। ইহার কারণ, নাইট্রিক অ্যাসিড কেবলমাত্র অম্ল হিসাবে ক্রিয়া করে না, উহার জারণ ক্ষমতাও প্রয়োগ করে। দেখা যাইতেছে, বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়াতে, কখনও নানা রকমের নাইট্রোজেন অক্সাইড পাওয়া যায় ($NO_2$, $NO$, $N_2O$) আবার কখনও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড গোল্ড বা প্লাটিনামকে আক্রমণ করে না; টিন, অ্যান্টিমনি, আর্সেনিক প্রভৃতিকে উহাদের অক্সাইডে পরিণত করে; অন্যান্য ধাতু উহাদের নাইট্রেটে পরিণত হয়।

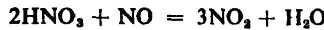
(ক) তাড়িত-বৈভব শ্রেণীতে যে সকল ধাতুর স্থান হাইড্রোজেনের নীচে, যেমন, কপার, মারকারি সিলভার প্রভৃতি, সেই সকল ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন

প্রতিস্থাপিত করে না, বরং নিজেরা অক্সাইডে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। পরে ধাতব অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়ার ফলে নাইট্রেটে পরিণত হয়। যথা,



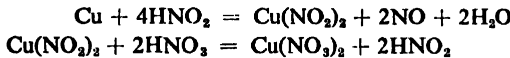
$$3Cu + 2HNO_3 = 3CuO + 2NO + H_2O$$
$$(3\times) \quad CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$$
$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড যদি গাঢ় হয় তবে উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড উহাদ্বারা জারিত হয় এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



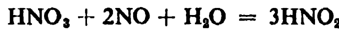
$$2HNO_3 + NO = 3NO_2 + H_2O$$

মনে হয়, এই বিক্রিয়ার সময় নাইট্রিক অ্যাসিডে বর্তমান অতিসামান্য নাইট্রাস অ্যাসিডেরও একটি বিশেষ ভূমিকা আছে। নাইট্রাস্ অ্যাসিড আরও সহজে কপারকে আক্রমণ করে;



$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2NO + 2H_2O$$
$$Cu(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2HNO_2$$

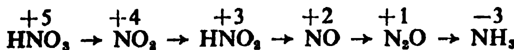
বিক্রিয়ার অগ্রগতির সঙ্গে অবশ্য নাইট্রাস অ্যাসিডের পরিমাণও বাড়ে; কারণ,



$$HNO_3 + 2NO + H_2O = 3HNO_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডে যদি প্রারম্ভেই ইউরিয়া বা $H_2O_2$ মিশাইয়া লওয়া হয় তাহা হইলে সহজে কপার নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা আক্রান্ত হইতে চায় না, কারণ নাইট্রাস অ্যাসিড ঐসব বিকারকদ্বারা লোপ পায়।

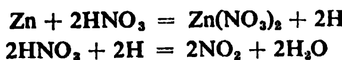
(খ) পক্ষান্তরে, যে সকল ধাতুর অবস্থান তাড়িত-বৈভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে; যেমন, Zn, Mg, Fe, Cd প্রভৃতি, উহাদের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে স্বাভাবিক ভাবেই প্রথমে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই এই উৎপন্ন হাইড্রোজেন জায়মান অবস্থাতেই নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইড, কিংবা সম্ভব হইলে অ্যামোনিয়াতে পর্যন্ত পরিণত করে। অ্যাসিড যত লঘুতর হইবে, তত বেশী উহার বিজারিত হওয়ার সম্ভাবনা। সেই জন্য অতি লঘু অ্যাসিড এবং জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতুর বিক্রিয়াতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। জারণ-সংখ্যা লক্ষ্য করিলেই ইহা বোঝা যায়



$$\overset{+5}{HNO_3} \rightarrow \overset{+4}{NO_2} \rightarrow \overset{+3}{HNO_2} \rightarrow \overset{+2}{NO} \rightarrow \overset{+1}{N_2O} \rightarrow \overset{-3}{NH_3}$$

এই সূত্রানুসারে জিঙ্কের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া হইবে:

গাঢ় অ্যাসিডে,

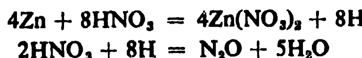


$$Zn + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H$$
$$2HNO_3 + 2H = 2NO_2 + 2H_2O$$



$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

লঘু অ্যাসিডে,



$$4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$$
$$2HNO_3 + 8H = N_2O + 5H_2O$$



$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3) + N_2O + 5H_2O$$

কিংবা



$$4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$$



$$HNO_3 + 8H = NH_3 + 3H_2O$$

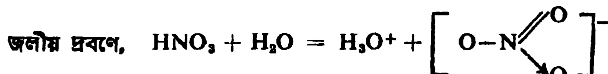


$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$



$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

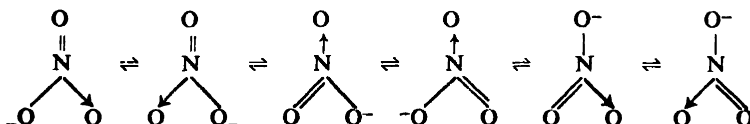
**গঠন-সংকেত।** নাইট্রিক অ্যাসিড কেলাসের রঞ্জন-রশ্মির পরীক্ষাতে এবং ইলেক-ট্রনীয় বিবর্তন পরীক্ষাতে দেখা যায় উহা একটি সমযোজী যৌগ। এই অ্যাসিড অবশ্যই একক্ষারী অম্ল এবং জলীয় দ্রবণে আয়নিত হইয়া নাইট্রেট আয়ন দেয়।



সুতরাং, উহার গঠন-সংকেত দেওয়া হইয়াছে, H—O—N(=O)(→O)

জলীয় দ্রবণে, $HNO_3 + H_2O = H_3O^+ + [O—N(=O)(→O)]^-$

দেখা গিয়াছে নাইট্রেট আয়নের পরমাণুগুলি একই সমতলে এবং উহাদের মধ্যে সংস্পন্দন বর্তমান।



কার্বনেট আয়নের সঙ্গে নাইট্রেট আয়নের ইলেকট্রন-বিন্যাসের সাদৃশ্য রহিয়াছে,



এই কারণেই কোন কোন কার্বনেট ও নাইট্রেট সমাকৃতিক; যথা, $NaNO_3$ ও $CaCO_3$।

**নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা।** নিম্নোক্ত পরীক্ষাদ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যাইতে পারে।

(১) পদার্থটিকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা সহ উত্তপ্ত করিলে পিঙ্গল বা গাঢ়-লাল ($NO_2$) বাহির হইবে।

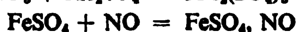
(২) পদার্থটির লঘু দ্রবণের সহিত ফেরাস-সালফেট দ্রবণ মিশাইয়া একটি টেস্ট-টিউবে লইতে হইবে। তারপর আস্তে আস্তে টেস্টটিউবের গা বাহিয়া কিছু গাঢ় সাল-ফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিতে হইবে। সালফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া উহা দ্রবণের নীচে জমিবে। অ্যাসিড ও পূর্বোক্ত দ্রবণের সংযোগস্থলে একটি খয়েরী বা বাদামী রংয়ের বলয় বা চক্র হইতে দেখা যাইবে। ইহাতে নাইট্রেটের অস্তিত্ব বুঝা যায়, কারণ, নাইট্রেট ও অ্যাসিডের সংস্পর্শে নাইট্রিক অ্যাসিড হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফেরাস সালফেট হইতে NO উৎপন্ন হয়। এই NO ফেরাস সালফেটের সহিত মিলিয়া $FeSO_4$, NO দ্বিযৌগ উৎপন্ন করে।



$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$



$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$



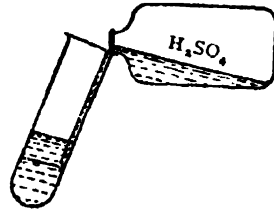
$$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO$$

[রং খয়েরী]

ইহাকে নাইট্রেটের বলয়-পরীক্ষা (Ring test) বলে ( চিত্র ১৮-ঠ )।

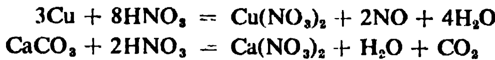
(৩) কয়েক ফোঁটা নাইট্রেট লবণ ও কিছু গাঢ় $H_2SO_4$ একটি বেসিনে লইয়া উহাতে অতি সামান্য ব্রুসিন (Brucine) দিলে মিশ্রণটি তৎক্ষণাৎ উজ্জ্বল লালবর্ণ ধারণ করে।

**নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার।** (১) ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষায় বিক্রিয়ক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (২) নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রধান চাহিদা—নাইট্রোগ্লিসারিন, পিকরিক-অ্যাসিড, টি-এন-টি প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে। (৩) কৃত্রিম রঙ, কৃত্রিম সিল্ক, সেলুলয়েড প্রভৃতি তৈয়ারী করিতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। (৪) কোন কোন বৈদ্যুতিক ব্যাটারী বা সেলেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।



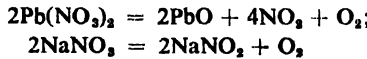

চিত্র ১৮-ঠ। $HNO_3$-এর বলয়-পরীক্ষা

**নাইট্রেট লবণ।** ধাতু, ধাতব অক্সাইড বা কার্বনেটের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রেট লবণ পাওয়া যায়। যথা,



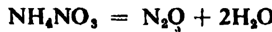
$$3Cu + 8HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$
$$CaCO_3 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

ধাতব নাইট্রেটগুলি কঠিন অবস্থায় স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উহারা জলে দ্রবণীয়। ক্ষার-ধাতু ব্যতীত অন্যান্য ধাতুর নাইট্রেট উত্তাপে ভাঙিয়া অক্সাইড এবং $NO_2$ দেয়। ক্ষার-ধাতুর নাইট্রেট উত্তাপে নাইট্রাইটে পরিণত হয়:



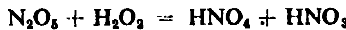
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2;$$
$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের বিভাজনে নাইট্রাস অক্সাইড হয়:



$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

**১৮-৩০। পার-নাইট্রিক অ্যাসিড, $HNO_4$।** অতি শীতল অনার্দ্র হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইডকে দ্রবিত করিলে পারনাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:



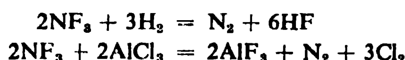
$$N_2O_5 + H_2O_2 = HNO_4 + HNO_3$$

পার-নাইট্রিক অ্যাসিড একটি অতি দুঃস্থিত যৌগ এবং বিস্ফোরণ সহ ভাঙিয়া যায়। ইহার প্রচণ্ড জারণ-ক্ষমতা আছে। অ্যানিলীনকে ইহা অনায়াসে নাইট্রোবেনজিনে জারিত করে, পটাসিয়াম ব্রোমাইডের ব্রোমিন নিষ্কাশিত করে। ইহা একটি পার-অক্সি যৌগ এবং উহার সংরচনা, $H-O-O-NO_2$।

## নাইট্রোজেন হ্যালাইড

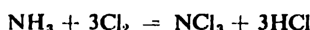
নাইট্রোজেনের হ্যালাইডগুলির সাধারণ সংকেত $NX_3$ ; ( $X =$ হ্যালোজেন )। তবে নাইট্রোজেন ট্রাইব্রোমাইড অত্যন্ত অস্থায়ী বলিয়া উহার প্রস্তুতি এবং ধর্ম নির্ণয় দুষ্কর।

**১৮-৩১। নাইট্রোজেন ফ্লুরাইড, $NF_3$।** গলিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুরাইডের ($NH_4HF_2$) তাড়িত-বিশ্লেষণ হইতে এই নাইট্রোজেন ফ্লুরাইড পাওয়া যায়। এই বর্ণহীন গ্যাসটি (স্ফুটনাঙ্ক, $-129°C$) অত্যন্ত স্থায়ী এবং ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তা নাই বলিলেই চলে। ক্ষার বা গাঢ় $H_2SO_4$ অ্যাসিডেও ইহা আক্রান্ত হয় না। হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া ইহাতে বিদ্যুৎক্ষরণ করিলে ইহার বিযোজন ঘটে। উত্তপ্ত অবস্থায় $AlCl_3$-এর সঙ্গে ইহার বিক্রিয়া হয়:



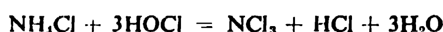
$$2NF_3 + 3H_2 = N_2 + 6HF$$
$$2NF_3 + 2AlCl_3 = 2AlF_3 + N_2 + 3Cl_2$$

**১৮-৩২। নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড, $NCl_3$।** অনার্দ্র অ্যামোনিয়ার সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ বিশুষ্ক ক্লোরিনের সাক্ষাৎ সংযোগে নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড তৈয়ারী হয়।



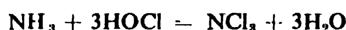
$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$

কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়াদ্বারা তৈয়ারী করাই ইহার সহজ উপায়।



$$NH_4Cl + 3HOCl = NCl_3 + HCl + 3H_2O$$

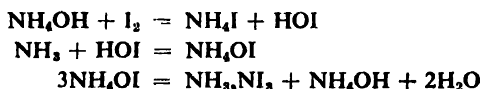
অথবা,



$$NH_3 + 3HOCl = NCl_3 + 3H_2O$$

নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড (স্ফুটনাঙ্ক, $71°C$) জলে অদ্রাব্য একটি তেলের মত তরল পদার্থ। উহা যথেষ্ট উদ্বায়ী এবং অত্যন্ত বিস্ফোরণশীল। তীব্র আলোকসম্পাতে বা সামান্য চাপ বা ঝাঁকানিতে উহার প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে। জলের সংস্পর্শে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে, $NCl_3 + 3H_2O \rightarrow NH_3 + 3HOCl$ নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইডের তীব্র জারণগুণ আছে।

**১৮-৩৩। নাইট্রোজেন আয়োডাইড, $NI_3,NH_3$।** অতিরিক্ত গাঢ় অ্যামোনিয়াতে আয়োডিন দ্রবিত করিয়া লইলে উহা হইতে গাঢ় লাল বা প্রায় কালো রংয়ের নাইট্রোজেন আয়োডাইডের কেলাস বাহির হইয়া আসে। উহার সংকেত, $NI_3,NH_3$।



$$NH_4OH + I_2 = NH_4I + HOI$$
$$NH_3 + HOI = NH_4OI$$
$$3NH_4OI = NH_3,NI_3 + NH_4OH + 2H_2O$$

নাইট্রোজেন আয়োডাইডের কেলাস অত্যন্ত অস্থায়ী। একটু চাপ দিলে বা আঘাত দিলে উহার বিস্ফোরণ ঘটে এবং আয়োডিন বাহির হইয়া আসে,



$$8NH_3, NI_3 = 5N_2 + 9I_2 + 6NH_4I$$

ইহাও একটি জারক, সোডিয়াম সালফাইটকে সালফেটে জারিত করে:



$$NI_3, NH_3 + 3Na_2SO_3 + 3H_2O = 3Na_2SO_4 + HI + 2NH_4I$$

বিশুদ্ধ $NI_3$ পাইতে হইলে $KIBr_2$ এর উপর অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটান হয়,



$$4NH_3 + 3KIBr_2 = 3KBr + 3NH_4Br + NI_3$$

জলদ্বারা ব্রোমাইডগুলি দ্রবীভূত করিয়া লইলে, $NI_3$ পৃথক করা যায়।

## ফসফরাস

চিহ্ন P, ক্রমাঙ্ক 15, পাঃ গুরুত্ব 30.975, ইলেকট্রন-বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

হ্যামবুর্গের চিকিৎসক ব্রাণ্ড (Brand) 1674 খ্রীষ্টাব্দে মূত্র হইতে ফসফরাস আবিষ্কার করেন। উহার প্রায় এক শতাব্দী পরে 1771 খ্রীষ্টাব্দে গ্যান (Gahn) প্রমাণ করেন যে অস্থিতেও ফসফরাস বিদ্যমান। উহার পরের বৎসরেই শীলে অস্থিচূর্ণ হইতে ফসফরাস প্রস্তুত করার উপায়টি উদ্ভাবন করেন। 1777 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র কর্তৃক উহার মৌলত্ব প্রমাণিত হয়। স্বতঃপ্রবৃত্ত হইয়া আলো বিকিরণ করে, অর্থাৎ অনুপ্রভ, এই জন্য উহার নামকরণ হয় ফসফরাস (Phos, আলো; pheres, ধারণ করা)।

প্রকৃতিতে ফসফরাস মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। উহার বিভিন্ন যৌগের ভিতর ক্যালসিয়াম ফসফেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাড়ের ভিতর শতকরা প্রায় 85 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। এতদ্ব্যতীত বহু খনিজ পদার্থেও ফসফেট যৌগ থাকে; যথা:

(১) ফ্লুর-অ্যাপেটাইট (Fluor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2,CaF_2$

(২) ক্লোর-অ্যাপেটাইট (Chlor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2,CaCl_2$

(৩) ফসফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$, ইত্যাদি।

উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের ফসফো-প্রোটিন যৌগে ফসফরাস আছে। দুধের ক্যাজেইন, ডিমের ভাইটেলীন উহার দৃষ্টান্ত।

**অস্থিভস্ম।** প্রাণিজ অস্থিসমূহ ছোট ছোট টুকরা করিয়া জলে ফুটাইয়া পরিষ্কৃত করিয়া $CS_2$ দ্রাবকদ্বারা উহা হইতে স্নেহ ও চর্বিজাতীয় পদার্থগুলি নিষ্কাশিত করা হয় এবং অতিতপ্ত স্টীমের ভিতর অস্থিগুলি সিদ্ধ করিয়া লইলে উহার আঠা ও জিলাটিন জাতীয় জৈবপদার্থগুলি দূর হয়। অতঃপর একটি আবদ্ধ লৌহপাত্র হইতে উহার অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। এই প্রক্রিয়ার ফলে অস্থিসমূহ একটি কালো বিচূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে প্রাণিজ অঙ্গার বলে। ইহা কার্বন ও ক্যালসিয়াম ফসফেটের মিশ্রণ। প্রাণিজ অঙ্গারটিকে বাতাসে ভস্মীভূত করিলে ইহা একটি শ্বেতাভ পদার্থে পরিণত হয়—ইহাই 'অস্থিভস্ম' (Bone ash)। ইহাতে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

**১৮-৩৪। শ্বেত-ফসফরাস প্রস্তুতি।** (১) অস্থিভস্ম কিংবা সাধারণ অপেক্ষাকৃত সহজদ্রাব্য ফসফেট খনিজ হইতে ফসফরাস তৈয়ারী করার বহুদিন প্রচলিত পদ্ধতিটি নিম্নরূপ।

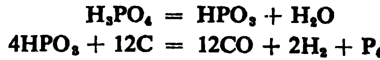
প্রথমে মোটামুটি রকমের গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া বিচূর্ণ অস্থিভস্মকে ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।



$$3H_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

অদ্রব $CaSO_4$ ছাঁকিয়া সরাইয়া লওয়া হয় এবং ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। অতঃপর ক্রমাগত বাষ্পীভবনদ্বারা গাঢ় করিয়া ঐ দ্রবণটিকে সিরাপে পরিণত করা হয়। এই সিরাপটির সহিত কার্বন বা চারকোলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে লোহার কড়াইতে সম্পূর্ণ বিশুষ্ক করা হয়। অগ্নিসহ মৃত্তিকার বকযন্ত্রে এই শুষ্ক অবশেষটি শ্বেততপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখটি জলের নীচে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। উত্তাপে ফসফরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া প্রথমে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে

পরিণত হয় এবং পরে উহা কার্বনদ্বারা বিজারিত হইয়া ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়। $H_2$, CO এবং ফসফরাস—বিক্রিয়াজাত এই তিনটি পদার্থই গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হয়। জলের সংস্পর্শে আসিয়া ফসফরাস ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকার ধারণ করে, কিন্তু $H_2$ এবং CO বাহির হইয়া চলিয়া যায়।

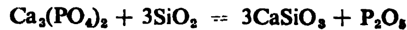


$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$
$$4HPO_3 + 12C = 12CO + 2H_2 + P_4$$

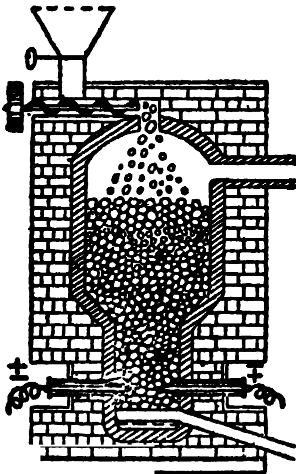
ফসফরাস বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। সুতরাং, সর্বদা ইহাকে জলের ভিতরে রাখা হয়।

(২) **খনিজ ফসফরাইট হইতে ফসফরাস প্রস্তুতি।** অধুনা 'বৈদ্যুতিক প্রণালীতেই' ফসফরাস তৈয়ারী হয়। প্রবর্তনকারীদের নামানুযায়ী পদ্ধতিটিকে 'রীডম্যান-পার্কার-রবিনসন' প্রণালী বলা হয়। খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেটকে বালু (সিলিকা) এবং কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহাতে অত্যধিক উষ্ণতার প্রয়োজন এবং এই তাপ প্রয়োগের জন্য বিদ্যুৎশক্তি ব্যবহৃত হয়।

অগ্নিসহ-ইস্টকনির্মিত একটি আবদ্ধ বৈদ্যুতিক-চুল্লীতে এই বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। চুল্লীটির নীচের দিকে কার্বনের দুইটি তড়িদ্দ্বার আছে। এই তড়িদ্দ্বার দুইটির ভিতর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ বা আর্ক দ্বারা উত্তাপ সৃষ্টি করা হয়। খনিজ ফসফেট, কার্বন ও সিলিকার একটি মিশ্রণ বিচূর্ণ অবস্থায় লওয়া হয়। 1200°C-এরও অধিক উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সিলিকার বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। ইহার ফলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপন্ন হয় (চিত্র ১৮-ড)।

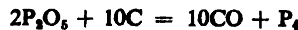


$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$



চিত্র ১৮-ড

ফসফরাস পেন্টোক্সাইড পরে কার্বনদ্বারা বিজারিত হইয়া CO এবং ফসফরাস মৌলে পরিণত হয়। উত্তপ্ত বলিয়া এই ফসফরাস বাষ্পীয় অবস্থায় CO-এর সহিত চুল্লীর উপরের একটি নির্গম-পথে বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাস জলের ভিতর পরিচালিত করা হয়। ফসফরাস কঠিনাকারে জলের নীচে সঞ্চিত হয়, কার্বন-মনোক্সাইড বাহির হইয়া যায়।



$$2P_2O_5 + 10C = 10CO + P_4$$

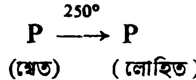
উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সিলিকেট এই উষ্ণতায় গলিয়া যায় এবং অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় বস্তুসহ একটি ধাতুমলের সৃষ্টি করে। ইহা চুল্লীর নীচে সঞ্চিত হয় এবং প্রয়োজন মত একটি সরু নির্গমপথে নিষ্ক্রান্ত হয়।

এইভাবে যে ফসফরাস পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। সুতরাং ইহাকে ক্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণে রাখিয়া গলান হয়। ক্রোমিক অ্যাসিড ফসফরাসের সহিত মিশ্রিত

অপদ্রব্যগুলিকে জারিত করিয়া দূর করে। পরে এই গলান ফসফরাস জলের নীচে ক্যানভ্যাস বা chamois leather সাহায্যে ছাঁকিয়া ছোট ছোট যষ্টির আকারে ঢালাই করিয়া লওয়া হয়। এইভাবে বিশুদ্ধতর ফসফরাস প্রস্তুত হয়।

**১৮-৩৫। ফসফরাসের বহুরূপতা।** উপরি-বর্ণিত উপায়ে যে ফসফরাস প্রস্তুত হয় তাহাকে শ্বেত বা কখনও পীত ফসফরাস বলা হয়। ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। উহার একাধিক রূপভেদ আছে, তন্মধ্যে শ্বেত ও লোহিত ফসফরাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই দুই প্রকারের ফসফরাসের মধ্যে অবস্থাগত ধর্মের পার্থক্য ত আছেই, রাসায়নিক ধর্মেরও অনৈক্য বিদ্যমান।

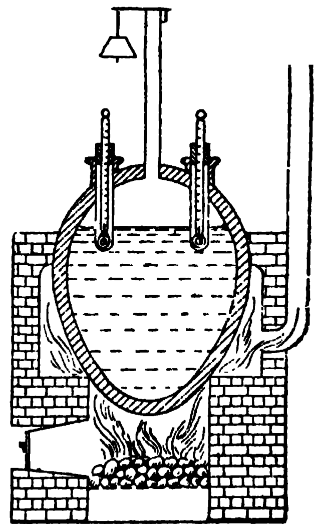
লোহিত-ফসফরাস সর্বদাই শ্বেত ফসফরাস হইতে প্রস্তুত হয়। একটি আবদ্ধ লৌহপাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া শ্বেত ফসফরাস $240 \sim 250°C$ পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে উহা লোহিত ফসফরাসে পরিণত হয়। পরিবর্তনটি সহজসাধ্য করার জন্য প্রভাবক হিসাবে একটু আয়োডিন মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয় (চিত্র ১৮-ঢ)।



$$\underset{(\text{শ্বেত})}{P} \xrightarrow{250°} \underset{(\text{লোহিত})}{P}$$

এই বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী এবং দ্রুত নিষ্পন্ন হইলে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হইয়া বিস্ফোরণ ঘটিবার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া এই প্রক্রিয়ার সময় উষ্ণতা কখনও 250°C-এর অধিক রাখা হয় না। উৎপন্ন কঠিন লোহিত ফসফরাসের সহিত কিছু শ্বেত ফসফরাস মিশ্রিত থাকে। সেই জন্য উহাকে চূর্ণ করিয়া কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া লওয়া হয়। ইহাতে লোহিত ফসফরাসের কিছু হয় না, কিন্তু শ্বেত ফসফরাস ফসফিন ও সোডিয়াম হাইপোফস-ফাইটে পরিণত হইয়া যায়। জলে ধুইয়া ও শুকাইয়া লোহিত ফসফরাস সংগ্রহ করা যাইতে পারে। ইহা বায়ুতে সহজে জারিত হয় না। সুতরাং, জলের নীচে রাখার প্রয়োজন নাই।

লোহিত ফসফরাসকে 550°C ডিগ্রীরও অধিক উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিয়া পাতিত করিলে উহা আবার শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয়।



চিত্র ১৮-ঢ
লোহিত ফসফরাস-প্রস্তুতি

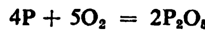
**ফসফরাসের ধর্ম। শ্বেত ফসফরাস।** (১) ইহা শ্বেত বা পীতাভ নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। কিন্তু ইহার কাঠিন্য খুব কম এবং মোমের মত ইহাকে ছুরির সাহায্যে কাটা যায়। জলে ইহা অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইড, $S_2Cl_2$, বেনজিন, তার্পিন ও অলিভ তেলে ইহা দ্রবীভূত হয়। শ্বেত ফসফরাস একটি বিষ।

(২) অক্সিজেন বা বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই শ্বেত ফসফরাস জারিত হইয়া থাকে।

উষ্ণতা যদি 30°C-এর অধিক হয় তাহা হইলে এই জারণের সময় ফসফরাস জ্বলিয়া ওঠে এবং একটি ঈষৎ সবুজ শিখার সৃষ্টি করে। জারণের ফলে সাধারণতঃ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহার দহনের সময় যে আলোক-শিখা উৎপন্ন হয় তাহা কিন্তু অত্যন্ত ঠাণ্ডা; ইহা স্পর্শ করিলেও কোন তাপ অনুভূত হয় না। অন্য বস্তুর সহিত স্বল্প পরিমাণে (লক্ষভাগে একভাগ) মিশ্রিত থাকিলেও এই আভা হইতে ফসফরাসের উপস্থিতি জানা সম্ভব। ইহাকেই ফসফরাসের **'অনুপ্রভা'** বলে।

বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে মনে হয়, ফসফরাসের এই স্বতঃদহনের (auto-oxidation) সময় বাতাসে কিঞ্চিৎ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি প্রয়োজন। অত্যন্ত শুষ্ক অক্সিজেনে ফসফরাসের জারণ হইতে চায় না। তাপিন তেল, কোহল প্রভৃতি থাকিলেও ফসফরাসের জারণ অনেকটা নিবারিত হয়। অতএব ইহারা বাধকের কাজ করে।

শ্বেত ফসফরাস যদি বাতাসে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে ফসফরাস-পেন্টোক্সাইডের ধূম নির্গত হইতে থাকে।



$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

(৩) বিভিন্ন হ্যালোজেন ও সালফারের সহিত এবং কোন কোন ধাতুর সঙ্গে সোজাসুজি যুক্ত হইয়া শ্বেত ফসফরাস ভিন্ন ভিন্ন যৌগের সৃষ্টি করে। এই সকল বিক্রিয়াকালে প্রায়ই উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং তাপ ও আলো উদ্গিরণ করে।



$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$



$$2P + 5S = P_2S_5$$



$$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$



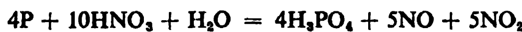
$$3Na + P = Na_3P$$

(৪) কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস ইত্যাদি তীক্ষ্ণক্ষারের দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফরাস ফুটাইলে উহা ফসফিন গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণে পরিণত হয়:



$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3H_2NaPO_2$$

(৫) শ্বেত ফসফরাস বিজারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও শ্বেত ফসফরাস একত্র ফুটাইলে অ্যাসিড বিজারিত হইয়া যায়।

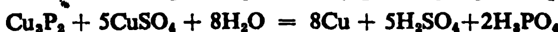


$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

কপার, সিলভার ও গোল্ডের লবণের দ্রবণে শ্বেত ফসফরাস দিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া উহাদের ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$4P + 3CuSO_4 + 6H_2O = Cu_3P_2 + 2H_3PO_3 + 3H_2SO_4$$



$$Cu_3P_2 + 5CuSO_4 + 8H_2O = 8Cu + 5H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

**লোহিত ফসফরাস।** ইহা একটি লাল রঙের মোটামুটি অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। খুব সম্ভবতঃ ইহা বিভিন্ন প্রকারের ফসফরাস মৌলের মিশ্রণ। ইহার ঘনত্ব 2.16, কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে 590°C ডিগ্রীর উপর ইহা নরম হইতে থাকে এবং আরও অধিক উষ্ণতায় পাতিত হইয়া শ্বেত-ফসফরাসে পরিণতি লাভ করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না এবং অন্যান্য ($CS_2$ ইত্যাদি) জৈবদ্রাবকেও অদ্রবণীয়। শ্বেত ফসফরাসের মত ইহার বিষক্রিয়া নাই।

বাতাসে লোহিত ফসফরাস সহজে জারিত হয় না। 260° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় অবশ্য ইহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং যথারীতি ফসফরাস পেন্টোক্সাইড উৎপাদন করে। হ্যালোজেনের সহিত লোহিত ফসফরাস সহজেই যুক্ত হয়, কিন্তু তীক্ষ্ণক্ষার (NaOH) দ্রবণের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না। লোহিত ফসফরাসের কোন উল্লেখযোগ্য বিজারণ দেখা যায় না।

**ফসফরাসের ব্যবহার।** শ্বেত ফসফরাসের অধিকাংশই লোহিত ফসফরাস তৈয়ারী করিতে ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট, ফসফরাস পেন্টোক্সাইড প্রভৃতি ফসফরাসের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুত করিতেও শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত যৌগ-পদার্থের বাজারে চাহিদা আছে। ফসফর-ব্রোঞ্জ সংকর [Cu, Sn, P] মরিচারোধী এবং শক্ত বলিয়া উহা অনেক সময় প্রয়োজন হয়।

লোহিত ফসফরাস বর্তমানে সমস্ত দিয়াশলাইতে ব্যবহৃত হয়। পূর্বে অবশ্য 'লুসিফার দীপশলাকাতে' শ্বেত ফসফরাসও ব্যবহৃত হইত। কিন্তু স্বাস্থ্যের পক্ষে হানিকর বলিয়া ঐরূপ দিয়াশলাই বর্তমানে প্রস্তুত হয় না।

**শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের তুলনা**

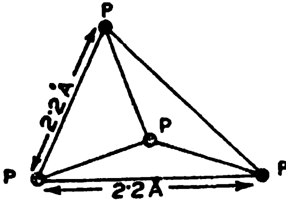
| ধর্ম | শ্বেত | লোহিত |
|---|---|---|
| রং | সাদা | লাল-বেগুনী |
| গলনাঙ্ক | 44°C | >500°C |
| প্রজ্বলন তাপাঙ্ক | 30°C | 260°C |
| ঘনত্ব | 1.8 | 2.2 |
| ঘ্রাণ | রসুনের মত | গন্ধহীন |
| $CS_2$-এ দ্রাব্যতা | দ্রব হয় | অদ্রাব্য |
| বাতাসে | অনুপ্রভা দেয় | কোন বিক্রিয়া বা অনুপ্রভা নাই |
| $Cl_2$-এর সঙ্গে | জ্বলিয়া ওঠে | তাপিত করিলে সংযোগ ঘটে |
| NaOH-সঙ্গে | $PH_3$-গ্যাস হয় | কোন ক্রিয়া নাই |

সাধারণ চাপে সাদা ফসফরাস অস্থায়ী এবং সর্বদাই উহার লাল ফসফরাসে পরিবর্তিত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়। এই রূপান্তর একদিকবর্তী (monotropic)। লাল ফসফরাস সহজে সাদা রূপভেদে পরিণত হয় না। অবশ্য অনেক উচ্চচাপে বিপরীত সংক্রমণ (transition) সম্ভব। শ্বেত এবং লোহিত ফসফরাস ছাড়াও এই মৌলের আরও রূপভেদ আছে।

**বেগুনী ফসফরাস** (violet) : গলিত লেড হইতে কেলাসিত ফসফরাস, অথবা আয়োডিনের বর্তমানে 250°C-এ সাদা ফসফরাস গলাইয়া কেলাসিত করিলে, স্ফটিকাকার বেগুনী রংয়ের ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহা বিদ্যুৎপরিবাহী নয়।

**রক্তিম-ফসফরাস** (scarlet) : কার্বন ডাইসালফাইডে সাদা ফসফরাসের দ্রবণকে দীর্ঘকাল সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে উহা হইতে গাঢ় উজ্জ্বল লাল রংয়ের অনিয়তাকার ফসফরাস বাহির হইয়া আসে। ইহাই রক্তিম ফসফরাস। 240°C-এ ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইডকে মারকারি দ্বারা বিজারিত করিলেও রক্তিম ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহার বিষক্রিয়া নাই। লোহিত ফসফরাসকে বস্তুতঃ বেগুনী এবং রক্তিম ফসফরাসের মিশ্রণ বলিয়া গণ্য করা হয়।

**কালো-ফসফরাস** (Black): অত্যধিক চাপে (12000 Kg / sq cm) এবং 200°C-এ সাদা ফসফরাসকে তাপিত করিলে ঘনকালো গ্র্যাফাইটের অনুরূপ স্ফটিকাকার ফসফরাস পাওয়া যায়। ইহাই কালো ফসফরাস। ইহা তড়িৎপরিবাহী এই জন্য ইহাকে অনেক সময় ধাতব ফসফরাস বলা হয়। এই তিন রকম ফসফরাসই কার্বন-ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য।



চিত্র ১৮-ণ। ফসফরাস-অণু

ফসফরাস অণু চতুর্পরমাণুক; চারিটি পরমাণু সমযোজী বন্ধনে একটি 'টেট্রাহেড্রা' রচনা করিয়া থাকে (চিত্র ১৮-ণ)।

## ফসফরাসের যৌগসমূহ

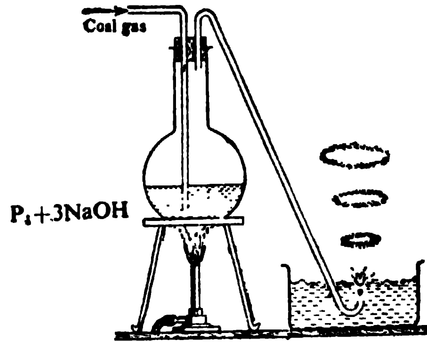
**ফসফরাসের হাইড্রাইড।** ফসফরাসের দুইটি হাইড্রাইড আছে; (ক) ফসফিন, $PH_3$ এবং (খ) ফসফরাস ডাইহাইড্রাইড, $P_2H_4$। সাধারণ অবস্থায় প্রথমটি গ্যাস, দ্বিতীয়টি তরল।

**১৮-৩৬। ফসফিন, $PH_3$।** শ্বেত ফসফরাস তীক্ষ্ণ ক্ষারের দ্রবণের সঙ্গে একত্র ফুটাইলে সোডিয়াম হাইপোফসফাইট লবণ এবং ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



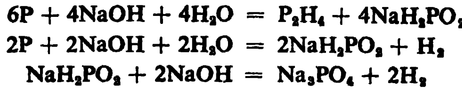
$$4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

কাচের একটি কূপীতে গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণ (40%) লইয়া উহাতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস দেওয়া হয়। হাইড্রোজেন বা কোলগ্যাসের প্রবাহ পরিচালিত করিয়া কূপীর অভ্যন্তরের বাতাসকে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কূপীটিকে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি জলে নিমজ্জিত রাখা হয়। জল হইতে ফসফিন ছোট ছোট বুদ্‌বুদের মত উঠিতে থাকে এবং বাতাসের সংস্পর্শে আসিয়াই জ্বলিয়া ওঠে এবং ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। এই ধোঁয়া কুণ্ডলাকারে বাহির হইতে থাকে এবং উপরে ওঠার সঙ্গে সঙ্গে আয়তনে বড় হইতে থাকে। এই কুণ্ডলাকৃতি ধোঁয়াকে বলে ফসফিনের 'আবর্ত-বলয়' (vortex ring), যদিও ধোঁয়াটি $P_2O_5$-এর সূক্ষ্ম-কণিকার তৈয়ারী (চিত্র ১৮-ত)।



চিত্র ১৮-ত। ফসফিন প্রস্তুতি

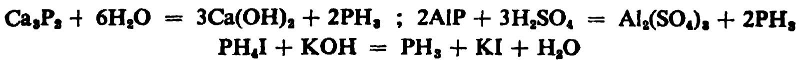
বস্তুতঃ ফসফিন আপনি জ্বলে না। ফসফিনের সঙ্গে সর্বদাই কিছুটা $P_2H_4$ উৎপন্ন হয়। ইহা অত্যন্ত দাহ্য, বাতাসের সংস্পর্শেই জ্বলিয়া ওঠে। উহার ফলে ফসফিনও জ্বলে। ফসফিনের সঙ্গে সামান্য হাইড্রোজেন গ্যাসও উৎপন্ন হয়।



$$6P + 4NaOH + 4H_2O = P_2H_4 + 4NaH_2PO_2$$
$$2P + 2NaOH + 2H_2O = 2NaH_2PO_2 + H_2$$
$$NaH_2PO_2 + 2NaOH = Na_3PO_4 + 2H_2$$

উৎপন্ন গ্যাসকে খুব ঠাণ্ডা করিয়া $P_2H_4$-কে ঘনীভূত করিয়া পৃথক করিলে, ফসফিন জলের উপরে সংগ্রহ করা যায়।

বিশুদ্ধ ফসফিন পাইতে হইলে জল বা অ্যাসিড দ্বারা ধাতব ফসফাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ করা হয়। অথবা, ফসফোনিয়াম আয়োডাইডকে কস্টিক পটাসের সঙ্গে উত্তপ্ত করা হয়।



$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3 \;;\; 2AlP + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2PH_3$$
$$PH_4I + KOH = PH_3 + KI + H_2O$$

**ফসফিনের ধর্ম।** বর্ণহীন বিষাক্ত এই গ্যাসটির পচা মাছের মত একটা দুর্গন্ধ আছে। বাতাস অপেক্ষা গ্যাসটি ভারী এবং জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম। ফসফিনের মৃদু ক্ষারগুণ আছে, কিন্তু লিটমাসের রঙ ইহার দ্বারা পরিবর্তিত হয় না। অ্যামোনিয়ার মত বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে মিলিত হইয়া ইহা ফসফোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে; ইহাই উহার ক্ষারকত্বের প্রমাণ।



$$PH_3 + HI = PH_4I$$



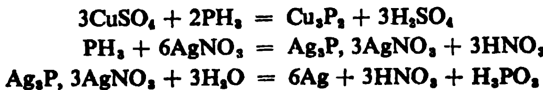
$$PH_3 + HCl = PH_4Cl$$

ফসফিন এমনি বাতাসে জ্বলে না, কিন্তু বাতাস বা অক্সিজেনে 150°C-এ তাপিত করিলে উহা সামান্য বিস্ফোরণসহ জ্বলিয়া ওঠে এবং অক্সাইডে পরিণত হয়। ক্লোরিন গ্যাসেও উহা জ্বলিতে থাকে এবং ট্রাইক্লোরাইড দেয়।



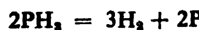
$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O \qquad PH_3 + 3Cl_2 = PCl_3 + 3HCl$$

ফসফিন একটি মৃদু বিজারকের মত কাজ করে। কপার বা মারকারি লবণের দ্রবণ হইতে উহা ধাতব ফসফাইড উৎপন্ন করে; আবার সিলভার, গোল্ড প্রভৃতির লবণের দ্রবণ হইতে ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে।



$$3CuSO_4 + 2PH_3 = Cu_3P_2 + 3H_2SO_4$$
$$PH_3 + 6AgNO_3 = Ag_3P, 3AgNO_3 + 3HNO_3$$
$$Ag_3P, 3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$$

**ফসফিনের সংযুতি নির্ণয়।** ফসফিনে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রয়োগ করিলে উহা হাইড্রোজেন ও কঠিন লাল ফসফরাসে বিয়োজিত হয়।



$$2PH_3 = 3H_2 + 2P$$

সুতরাং জ্ঞাত আয়তনের ফসফিন লইয়া কি পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইল—তাহা জানিয়া উহার সংযুতি নির্ধারণ সম্ভব।

**পরীক্ষা:** শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ফসফিন পারদের উপর অংশাঙ্কিত নলে লওয়া হয় এবং আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। তখন ঐ গ্যাসের মধ্যে ক্রমাগত তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ চালনা

করা হয় যতক্ষণ পর্যন্ত না উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি স্থির হয়। এর পর পারদের তলের উপর উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন দেখা হয়। দেখা যায়, যে পরিমাণ ফসফিন লওয়া হইয়াছিল (মনে করা যাক, $v$ মিলি.লি.) তাহার দেড়গুণ পরিমাণ গ্যাস ($1\frac{1}{2}v$ মিলি.লি.) উৎপন্ন হইয়াছে; উৎপন্ন গ্যাস যে হাইড্রোজেন তাহাও প্রমাণ করা যায়। অর্থাৎ ফসফিনে উহার দেড়গুণ আয়তনের হাইড্রোজেন আছে।

গণনা: অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী বলা যায়, 1 অণু ফসফিনে $\frac{3}{2}$ অণু হাইড্রোজেন বা 3 হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। ∴ ফসফিনের আণবিক সংকেত হইবে $P_xH_3$ ($x$ হইল পরমাণু ফসফরাসের সংখ্যা)।

আবার ফসফিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব, 17; অর্থাৎ আণবিক ওজন = 34।

অতএব, $P_xH_3 = 34$ বা, $x = 1$

সুতরাং, ফসফিনের আণবিক সংকেত হইল $PH_3$।

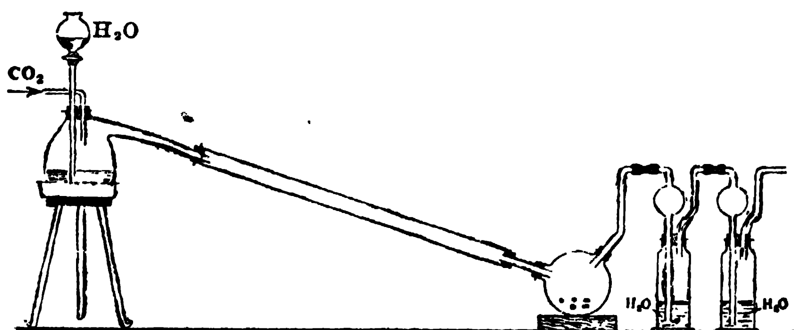
ফসফোনিয়াম যৌগ। ফসফিন এবং হাইড্রাসিড যুক্ত হইয়া ফসফোনিয়াম যৌগের উৎপত্তি। উহাদের সংকেত অ্যামোনিয়াম লবণের মত, $PH_4X$; ($X$ = Cl, Br, I)। এই লবণগুলি বিশেষ স্থায়ী নয়। ইহাদের মধ্যে $PH_4I$ অপেক্ষাকৃত স্থায়ী, অপরগুলি সহজেই বিয়োজিত হইয়া যায় এবং সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



$$PH_4Cl \rightleftharpoons PH_3 + HCl$$

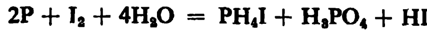
**১৮-৩৭। ফসফোনিয়াম আয়োডাইড, $PH_4I$।** যদিও অনার্দ্র ফসফিন গ্যাস এবং হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড গ্যাস সংযোগে ফসফোনিয়াম আয়োডাইডের সাদা স্ফটিক পাওয়া সম্ভব, কিন্তু ল্যাবরেটরীতে উহা একটি অন্য পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়।

একটি বকযন্ত্রে কার্বন-ডাই-সালফাইড দ্রাবকে সাদা ফসফরাস এবং উপযুক্ত পরিমাণ আয়োডিন দ্রবিত করিয়া লওয়া হয়। ভিতরের বাতাসকে $CO_2$-গ্যাস প্রবাহিত করিয়া দূর করিয়া দিয়া, কার্বন-ডাই-সালফাইড দ্রাবকটিকে সম্পূর্ণ পাতিত করা হয়। (চিত্র ১৮-থ)। বকযন্ত্রের নির্গম-মুখের সঙ্গে একটি প্রশস্ত ও দীর্ঘ নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর আস্তে আস্তে অল্প অল্প করিয়া বকযন্ত্রের মধ্যে জল দেওয়া হয় এবং জলগাহে




চিত্র ১৮-থ। ফসফোনিয়াম আয়োডাইড-প্রস্তুতি

বকযন্ত্রটিকে সামান্য তাপিত করা হয়। উৎপন্ন ফসফোনিয়াম আয়োডাইড উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া গ্রাহক-নলে কেলাসিত হইয়া জমিতে থাকে। উপজাত HI গ্রাহক অতিক্রম করিয়া আসিয়া জলে শোষিত হয়।



$$2P + I_2 + 4H_2O = PH_4I + H_3PO_4 + HI$$

অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে ইহা জৈব-ফসফোনিয়াম যৌগ সৃষ্টি করে;



$$PH_4I + 3CH_3I = P(CH_3)_3HI + 3HI$$

**১৮-৩৮। অ্যামোনিয়া এবং ফসফিনের তুলনা।** নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের ভিতর যে সাদৃশ্য আছে তাহা বিশেষভাবে এই দুইটি যৌগের মধ্যে প্রকট হইয়াছে।

(ক) দুইটি হাইড্রাইডের একইরূপ সংকেত, $PH_3$ এবং $NH_3$; ত্রিযোজী যৌগ।

(খ) অ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়েই বর্ণহীন গ্যাস, উভয়ের বিশিষ্ট গন্ধ আছে। উভয়েই অপরের দহনবিরোধী, কিন্তু অতিরিক্ত অক্সিজেনে আগুণ ধরাইয়া দিলে উভয়েই জ্বলে। অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, কিন্তু ফসফিনের দ্রাব্যতা খুব কম। অ্যামোনিয়ার বিষক্রিয়া নাই কিন্তু ফসফিন একটি বিষ।

(গ) অ্যামোনিয়া লিটমাসকে নীল করে, ফসফিন তাহা পারে না। কিন্তু উভয়েই মৃদু ক্ষারকগুণ-সম্পন্ন; উভয়েই অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া লবণ উৎপাদন করে,



$$PH_3 + HCl = PH_4Cl \qquad NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

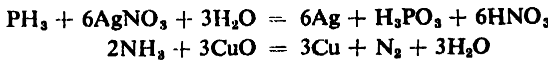
(ঘ) অ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়েই অতি সহজে ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত এবং একই রকম ট্রাইক্লোরাইড দেয়। এই ট্রাইক্লোরাইড জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়,



$$PH_3 + 3Cl_2 = PCl_3 + 3HCl \qquad NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = P(OH)_3 + 3HCl \qquad NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$$

(ঙ) ফসফিন অ্যামোনিয়া অপেক্ষা অনেক সহজে বিযোজিত হয়। 440°C-এ ফসফিন ভাঙিয়া যায়, কিন্তু অ্যামোনিয়ার বিযোজনে অনেক বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন, বিদ্যুৎ-স্ফুরণদ্বারা উহার বিযোজন হয়।

(চ) ফসফিনের বিজারণ ক্ষমতা সমধিক; অ্যামোনিয়া শুধু উচ্চ তাপমাত্রায় কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারকের কাজ করে:



$$PH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + H_3PO_3 + 6HNO_3$$
$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

(ছ) উভয় গ্যাসকেই উহাদের ধাতব যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণে পাওয়া সম্ভব:



$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3 \; ; \; Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

**১৮-৩৯। ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড, $P_2H_4$।** লোহিত-তপ্ত চুনের উপর দিয়া ফসফরাস-বাষ্প পরিচালিত করিলে একটি বাদামী-লাল কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়, উহাতে ক্যালসিয়াম-ডাই-ফসফাইড ($Ca_3P_2$) থাকে।

এই ক্যালসিয়াম-ডাই-ফসফাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড উৎপন্ন হয় (60°C)।

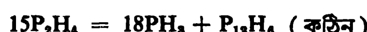


$$Ca_3P_2 + 6H_2O = P_2H_4 + 3Ca(OH)_2 + H_2$$

একটি উলফ্ বোতলে ক্যালসিয়াম-ডাই-ফসফাইড লইয়া উহাতে ফোঁটা ফোঁটা গরম জল দিলেই এই গ্যাস উৎপন্ন হইয়া আসে। বাতাসের অবর্তমানে হাইড্রোজেন-প্রবাহে

গ্যাসটি তৈয়ারী করা হয়, কারণ বাতাসের সংস্পর্শে $P_2H_4$ জ্বলিয়া ওঠে। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি অত্যন্ত শীতল হিমমিশ্রাবৃত পাত্রে লইয়া গিয়া তরল করিয়া পৃথক করা হয়।

ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক, 51.8°C) এবং বাতাসের স্পর্শমাত্রই স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিতে থাকে। কিছুদিন রাখিয়া দিলে উহার বিয়োজন ঘটে এবং দুইটি হাইড্রাইডে পরিণত হয়।



$$15P_2H_4 = 18PH_3 + P_{12}H_6 \text{ (কঠিন)}$$

ইহার সংকেত হাইড্রাজিনের মত হইলেও, ইহার কোন ক্ষারগুণ নাই।

**ফসফরাস হ্যালাইড।** ফসফরাসের প্রধান যোজ্যতা তিন এবং পাঁচ। উহার হ্যালাইড যৌগগুলিতে এই দুই রকম যোজ্যতারই বিকাশ দেখা যায়। সুতরাং ট্রাই-হ্যালাইড ($PX_3$) এবং পেন্টা-হ্যালাইড ($PX_5$)—এই দুই জাতের হ্যালাইড যৌগ পাওয়া যায়। তবে $PI_5$ প্রস্তুত করা সম্ভব হয় নাই। ইহা ছাড়া, $P_2Cl_4$ এবং $P_2I_4$ এই দুইটি হ্যালাইডও আছে। এই হ্যালাইডগুলির মোটামুটি ভৌতধর্ম এখানে সারণীতে দেওয়া হইল।

| হ্যালাইড | | রং | গলনাঙ্ক (°C) | স্ফুটনাঙ্ক (°C) |
|---|---|---|---|---|
| ফ্লুরাইড | $PF_3(g)$ | বর্ণহীন | −160° | −95° |
| | $PF_5(g)$ | বর্ণহীন | − 94° | −85° |
| ক্লোরাইড | $PCl_3(l)$ | বর্ণহীন | −111° | 76° |
| | $PCl_5(s)$ | সাদা | 167° | 162° (উর্ধ্বপাতন) |
| | $P_2Cl_4(l)$ | বর্ণহীন | − 28° | 180° |
| ব্রোমাইড | $PBr_3(l)$ | বর্ণহীন | − 40° | 173° |
| | $PBr_5(s)$ | হলুদ | <100° | 106° (বিয়োজন সহ) |
| আয়োডাইড | $PI_3(s)$ | গাঢ় লাল | 61° | — |
| | $P_2I_4(s)$ | কমলা | 125° | — |

ফসফরাসের হ্যালাইড সহজেই আদ্র´-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে ;



$$PX_3 + 3H_2O = 3HX + H_3PO_3$$



$$PX_5 + 4H_2O = 5HX + H_3PO_4$$

**১৮-৪০। ফসফরাস ট্রাইফ্লুরাইড, $PF_3$ এবং ফসফরাস পেন্টাফ্লুরাইড, $PF_5$।** এই ফ্লুরাইড দুইটি ফসফরাসের ট্রাইক্লোরাইড ও পেন্টাক্লোরাইডের উপর আর্সেনিক ফ্লুরাইডের ক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত হয়।



$$PCl_3 + AsF_3 = PF_3 + AsCl_3$$



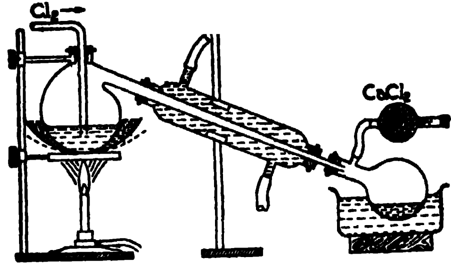
$$3PCl_5 + 5AsF_3 = 3PF_5 + 5AsCl_3$$

উভয় ফ্লুরাইডই সাধারণ অবস্থায় গ্যাস। পেন্টাফ্লুরাইড বাতাসে ধূমায়িত হয়। দুইটি ফ্লুরাইডই জলে আদ্র´-বিশ্লেষিত হয় :



$$PF_3 + 3H_2O = 3HF + H_3PO_3 \quad ; \quad PF_5 + H_2O = 2HF + POF_3$$

**১৮-৪১। ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড, $PCl_3$।** একটি বকযন্ত্রে শ্বেত-ফসফরাস বা উত্তপ্ত লোহিত ফসফরাসের উপর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিন-গ্যাস প্রবাহিত করিলেই ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড পাওয়া যায়। বক-যন্ত্রের ভিতরের বাতাসকে পূর্বেই $CO_2$-এর প্রবাহ পরিচালিত করিয়া দূর করিয়া লওয়া হয়। ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডকে পাতিত করিয়া একটি শুষ্ক গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়। ইহার সঙ্গে একটু পেন্টাক্লোরাইডও মিশ্রিত থাকে, সেই জন্য উহাকে কিছু শ্বেত ফসফরাস সহ আবার পাতিত করা হয়। তীব্রগন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি তরল পদার্থরূপে উহা পাওয়া যায়।



চিত্র ১৮-দ। $PCl_3$-প্রস্তুতি


$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$

ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড জলের সংস্পর্শমাত্রেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়;

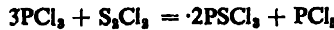

$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$

শুধু জল নয়, যে কোন OH-মূলক যুক্ত পদার্থ ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সঙ্গে ঐরূপ ক্রিয়া করে। OH-মূলক ক্লোরিনদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। কোন যৌগে OH-মূলকের অস্তিত্ব নির্ণয় করিতে ইহা সাহায্য করে।


$$PCl_3 + 3C_2H_5OH = 3C_2H_5Cl + H_3PO_3$$

ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়; সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং সালফার ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।


$$PCl_3 + Cl_2 = PCl_5;$$

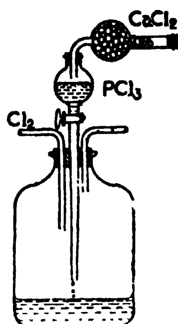
$$PCl_3 + SO_3 = POCl_3 + SO_2$$

$$3PCl_3 + S_2Cl_2 = 2PSCl_3 + PCl_5$$

**ফসফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড, $PBr_3$ এবং ফসফরাস ট্রাই-আয়োডাইড, $PI_3$।** ফসফরাসের সঙ্গে হ্যালেজেনের বেনজিন বা কার্বন-ডাই-সালফাইডের দ্রবণ মিশ্রিত করিলে উহাদের প্রস্তুত করা যায়। উহাদের ধর্মসমূহ ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের অনুরূপ। উহারা অতি সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

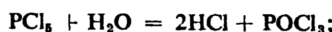
**১৮-৪২। ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড, $PCl_5$।** হিমমিশ্রাবৃত একটি খুব শীতল শূন্য-পাত্রে বিশুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করা হয় এবং সেই সঙ্গে একটি বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইডও দেওয়া হয় (চিত্র ১৮-ধ)। উভয়ের সংযোগে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড উৎপন্ন হইয়া হরিদ্রাভ পাউডাররূপে পাত্রের মধ্যে জমিতে থাকে।


$$PCl_3 + Cl_2 = PCl_5$$

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড অধিক তাপ সহিতে পারে না। 100°C-এর উপরে তাপমাত্রা হইলে উহার তাপ-বিয়োজন আরম্ভ হয় এবং 300°C-এ প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া যায়, $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$। ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের মত পেন্টাক্লোরাইডও জল ও OH-মূলক সমন্বিত পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। OH-মূলক ক্লোরিনদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যথা :



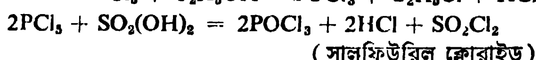

চিত্র ১৮-ধ
$PCl_5$-প্রস্তুতি



$$PCl_5 + H_2O = 2HCl + POCl_3;$$



$$PCl_5 + C_2H_5OH = POCl_3 + C_2H_5Cl + HCl$$



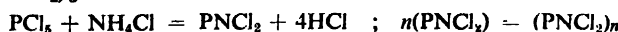
$$2PCl_5 + SO_2(OH)_2 = 2POCl_3 + 2HCl + SO_2Cl_2$$
(সালফিউরিল ক্লোরাইড)

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড কোন কোন ধাতুকে উহার ক্লোরাইডে পরিণত করে,



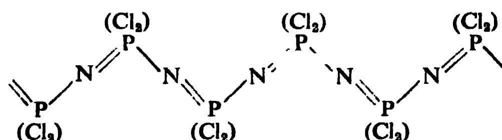
$$PCl_5 + Zn = PCl_3 + ZnCl_2$$

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে তাপিত করিলে (200°C) ফসফোনাইট্রাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই পদার্থটির সংকেত $PNCl_2$, কিন্তু উহার বহুসংযোগের ফলে একাধিক অণু যুক্ত হইয়া থাকে; $(PNCl_2)_3$, $(PNCl_2)_4$, $(PNCl_2)_5$, $(PNCl_2)_n$, ইত্যাদি। বেনজিন দ্রবণ হইতে ইহাদিগকে উজ্জ্বল স্ফটিকাকারে কেলাসিত করা যায়। ইহাদের মধ্যে $(PNCl_2)_3$-ই প্রধান।



$$PCl_5 + NH_4Cl = PNCl_2 + 4HCl \quad ; \quad n(PNCl_2) = (PNCl_2)_n$$

রঞ্জনরশ্মির পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে এই সকল অণুতে উহারা সুদীর্ঘ আঁকাবাঁকা শৃঙ্খলাকারে থাকে।



রাবারে যে রকম শৃঙ্খল রহিয়াছে এখানেও তাই। এবং এই পদার্থেরও স্থায়িত্ব যথেষ্ট এবং ইহাদের স্থিতিস্থাপকতাও যথেষ্ট। এইজন্য ফসফোনাইট্রাইল ক্লোরাইডকে **'অজৈব রাবার'** নাম দেওয়া হইয়াছে।

**১৮-৪৩। ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইড, $POCl_3$।** (১) ইহা তৈয়ারী করার জন্য তরল ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের মধ্যে ধীরে ধীরে পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত করা হয়। পরে এই মিশ্রণটিকে পাতিত করিলে (107°C) ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয়।



$$3PCl_3 + KClO_3 = 3POCl_3 + KCl$$

(২) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডকে অক্সালিক অ্যাসিড অথবা বোরিক অ্যাসিড সহ তাপিত করিয়া পাতিত করিলেও ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$PCl_5 + (COOH)_2 = POCl_3 + 2HCl + CO + CO_2$$
$$3PCl_5 + 2H_3BO_3 = 3POCl_3 + B_2O_3 + 6HCl$$

বিচূর্ণ ফসফরাইট খনিজ, সক্রিয় কার্বন সহ ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলেও (400°C) ফসফরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। শিল্প-পদ্ধতিতে এইভাবেই ইহা তৈয়ারী হয়।



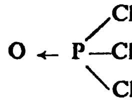
$$Ca_3(PO_4)_2 + 6C + 6Cl_2 = 2POCl_3 + 3CaCl_2 + 6CO$$

ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড একটি ধূমায়মান বর্ণহীন তরল পদার্থ। (স্ফুটনাঙ্ক, 107°C, গলনাঙ্ক, 1.4°C)। অধিক পরিমাণ জলে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$O{=}PCl_3 + 3HOH \rightarrow O{=}P(OH)_3 + 3HCl = H_3PO_4 + 3HCl$$

ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের গঠন সংকেত।



$$O \leftarrow P \begin{matrix} \diagup Cl \\ -Cl \\ \diagdown Cl \end{matrix}$$

**ফসফরাসের অক্সাইড**

ফসফরাসের তিনটি অক্সাইড আছে,

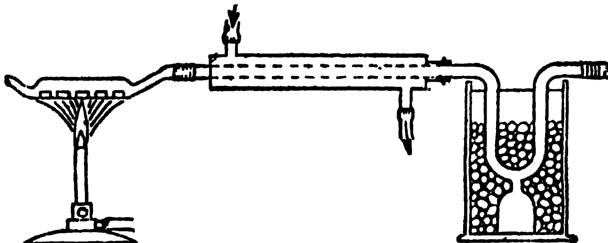
(১) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, $P_2O_3$ বা $P_4O_6$

(২) ফসফরাস টেট্রোক্সাইড, $P_2O_4$ বা $P_4O_8$

(৩) ফসফরাস পেন্টোক্সাইড, $P_2O_5$ বা $P_4O_{10}$

এই সকল অক্সাইড অম্লজাতীয় এবং জলে দ্রবিত হইয়া বিভিন্ন অ্যাসিড উৎপাদন করে।

১৮-৪৪। ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড, $P_2O_3$। একটি কাচের নলে শ্বেত ফসফরাস লইয়া উহার উপর দিয়া খুব আস্তে আস্তে একটি বায়ুপ্রবাহ পরিচালনা করা হয় এবং ফসফরাসটি জ্বলিতে থাকে। বায়ুপ্রবাহটি সতর্কতার সহিত নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে অধিক অক্সিজেন না থাকে। জারণের ফলে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বাষ্প উৎপন্ন হয়।



চিত্র ১৮-ন। $P_2O_3$ প্রস্তুতি

উহার সহিত অবশ্য কিছু ফসফরাস পেন্টোক্সাইডও মিশ্রিত থাকে। বায়ুস্রোতের সহিত অক্সাইড বাষ্প একটি শীতক-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। শীতক-নলটির চারিদিকে ঈষৎ গরম জল পরিচালিত করা হয় (60°C)। শীতক-নলের

মধ্যে উহার শেষপ্রান্তে একটু কাচের উল থাকে। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ঘনীভূত হইয়া কঠিন গুঁড়াতে পরিণত হয় এবং কাচের উলে আটকাইয়া থাকে। অধিকতর উদ্বায়ী ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস কাচের উল অতিক্রম করিয়া একটি অত্যন্ত শীতল U-নলে প্রবেশ করে ও সেইখানে ঘনীভূত হয়। এই ভাবে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। (চিত্র ১৮-ন)।



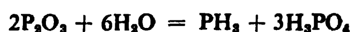
$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$

সাধারণ অবস্থায় ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড কঠিন বর্ণহীন স্ফটিকাকার (গলনাঙ্ক, 23.8°C)। ইহার একটি তীব্র অম্লগন্ধ আছে এবং ইহা একটি বিষ। ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ইথার, বেনজিন, কার্বন-ডাই-সালফাইড প্রভৃতি দ্রাবকে দ্রাব্য; কোহলের সংস্পর্শে উহা জ্বলিয়া ওঠে। ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড এবং শীতল জলে দ্রবীভূত হইয়া ফসফরাস অ্যাসিডের সৃষ্টি করে:



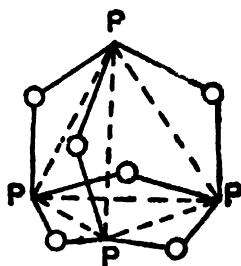
$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

কিন্তু গরম জলে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড দিলে ছোটখাট বিস্ফোরণের সৃষ্টি হয় এবং ফসফিন পাওয়া যায়:



$$2P_2O_3 + 6H_2O = PH_3 + 3H_3PO_4$$

বাষ্প ঘনত্ব হইতে এবং বেনজিন দ্রবণের গলনাঙ্কের অবনমন হইতে দেখা যায়, উহার সংকেত হইবে, $P_4O_6$। ইহার চারিটি ফসফরাস পরমাণু ফসফরাস মৌলের মতই টেট্রাহেড্রনে বিধৃত এবং অক্সিজেন-পরমাণুগুলি দুইটি সন্নিহিত ফসফরাসের মধ্যে কোণাকুণি সেতু রচনা করিয়া আছে (চিত্র ১৮-প)।




চিত্র ১৮-প
$P_4O_6$-অণুর গঠন

**১৮-৪৫। ফসফরাস টেট্রোক্সাইড, $P_4O_8$।** একটি সীল করা নলের মধ্যে তরল ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড লইয়া অতিরিক্ত চাপে 440°C উত্তপ্ত করিলে উহার টেট্রোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া নলের অপেক্ষাকৃত শীতল অংশে জমা হয়। লোহিত ফসফরাসও উপজাত হয়।



$$4P_4O_6 = 3P_4O_8 + P_4$$

ইহা একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ। 180°C-এ ঊর্ধ্বপাতিত হইতে থাকে। জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে ফসফরাস এবং ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



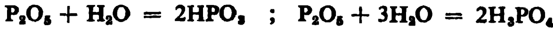
$$P_4O_8 + 6H_2O = 2H_3PO_3 + 2H_3PO_4$$

**১৮-৪৬। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড, $P_2O_5$।** বড় একটি কাচের পাত্রে লোহার চামচে করিয়া অল্প অল্প শ্বেত ফসফরাস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলেই ফসফরাস পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়। ইহা পাত্রটির তলদেশে সঞ্চিত হয়। পরে উহাকে ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধতর করা যাইতে পারে।



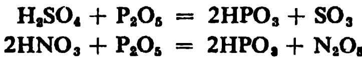
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

ফসফরাস পেন্টোক্সাইড সাধারণতঃ বিচূর্ণ অবস্থায় পাওয়া যায়। 250°C-এর অধিক উষ্ণতায় ইহা উর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে। ইহাও অম্লজাতীয় অক্সাইড। শীতল জলে দ্রবীভূত হইলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড, কিন্তু গরম জলে দ্রবীভূত করিলে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়:



$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \;;\; P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

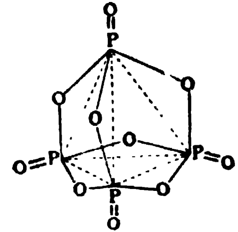
বস্তুতঃ জলের প্রতি ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের আসক্তি খুব বেশী। সুতরাং অন্য কোন বস্তু হইতে জল শোষণ করিয়া লইতে বা কোন গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প সরাইয়া লইতে ইহা উৎকৃষ্ট নিরুদকের কাজ করে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি হইতে ইহার নিরুদনক্ষমতা অনেক বেশী। শুধু জলীয় বাষ্প নয়, কোন কোন অণু হইতেও ইহা জল টানিয়া লয় এবং উহাদের বিযোজিত করিয়া দেয়; যথা:



$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5$$

কাগজ, কাঠ ও অনেক জৈব পদার্থ $P_2O_5$-দ্বারা এইভাবে আক্রান্ত হইয়া থাকে।

বাষ্প-ঘনত্ব হইতে ইহার আণবিক সংকেত স্থির হইয়াছে, $P_4O_{10}$। ইহার গঠন-সংকেত, ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইডের মত, কেবল টেট্রহেড্রনের ফসফরাস পরমাণুর সঙ্গে অতিরিক্ত চারিটি অক্সিজেন-পরমাণু যুক্ত আছে (চিত্র ১৮-ফ)।




চিত্র ১৮-ফ
$P_4O_{10}$-এর গঠনসংকেত

## ফসফরাসের অক্সি-অ্যাসিড

ফসফরাসের অক্সি-অ্যাসিডের সংখ্যা অনেক। উহাদের নিম্নলিখিত শ্রেণীতে ভাগ করিয়া আলোচনা করা যাইতে পারে।

হাইপো-অ্যাসিড

১। হাইপো-ফসফরাস্ অ্যাসিড, $H_3PO_2$
২। হাইপো-ফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_6$

-য়াস অ্যাসিড

১। ফসফরাস অ্যাসিড, $H_3PO_3$
২। পাইরো-ফসফরাস অ্যাসিড, $H_4P_2O_5$
৩। মেটা-ফসফরাস অ্যাসিড, $HPO_2$

-ইক অ্যাসিড

১। অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, $H_3PO_4$
২। পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_7$
৩। মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড, $HPO_3$

পার-অ্যাসিড

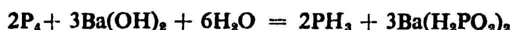
১। পারমনো-ফসফরিক অ্যাসিড, $H_3PO_5$
২। পারডাই-ফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_8$

এই সব অ্যাসিডের প্রত্যেকটির প্রতিটি হাইড্রোজেনই যে প্রতিস্থাপনীয় হইবে এমন নয়। যেমন, হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিড, $H_3PO_2$—ইহা একক্ষারী অম্ল, অর্থাৎ ইহার একটিমাত্র হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনীয়। আবার, ফসফরাস অ্যাসিডে ($H_3PO_3$), তিনটি হাইড্রোজেন থাকিলেও দুইটি প্রতিস্থাপনীয়, উহা দ্বিক্ষারী অম্ল।

সব অ্যাসিডের বিয়োজন-মাত্রা, তথা তীব্রতাও এক নয়। কয়েকটি প্রধান অ্যাসিডের বিয়োজন-ধ্রুবক এখানে দেওয়া হইল।

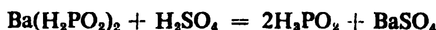
| অ্যাসিড | বিয়োজন ধ্রুবক |
|---|---|
| $H_3PO_2$ | $k_1 = 1 \times 10^{-2}$ |
| $H_4P_2O_6$ | $k_1 = 6.3 \times 10^{-3}$, $k_2 = 1.55 \times 10^{-3}$, $k_3 = 5.4 \times 10^{-8}$, $k_4 = 9 \times 10^{-11}$ |
| $H_3PO_3$ | $k_1 = 1 \times 10^{-2}$, $k_2 = 2 \times 10^{-7}$ |
| $H_3PO_4$ | $k_1 = 7.5 \times 10^{-3}$, $k_2 = 6.2 \times 10^{-8}$, $k_3 = 4.8 \times 10^{-13}$ |

**১৮-৪৭। হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিড, $H_3PO_2$।** শ্বেত-ফসফরাস এবং ব্যারাইটা একত্র ফুটাইলে ফসফিন এবং বেরিয়াম হাইপোফসফাইট উৎপন্ন হয় (ফসফিন দ্রষ্টব্য)। ফসফিন গ্যাস সম্পূর্ণ চলিয়া গেলে, দ্রবণের ভিতর $CO_2$-গ্যাস পরিচালিত করিয়া অতিরিক্ত ব্যারাইটাকে বেরিয়াম কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণটি ঘন করিলে বেরিয়াম হাইপোফসফাইট কেলাসিত হয়, $Ba(H_2PO_2)_2, H_2O$।



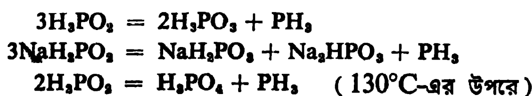
$$2P_4 + 3Ba(OH)_2 + 6H_2O = 2PH_3 + 3Ba(H_2PO_2)_2$$

বেরিয়াম হাইপোফসফাইটকে উপযুক্ত তুল্য পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিভাজন করিয়া লওয়া হয়। উপজাত $BaSO_4$-কে ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। দ্রবণটিকে 130°C-এর নীচে রাখিয়া ধীরে ধীরে গাঢ় করা হয় এবং পরে 0°C-এ $P_2O_5$-শোষকাধারে রাখিয়া দিলে বর্ণহীন কঠিন হাইপোফস্‌ফরাস অ্যাসিড পাওয়া যায় (গলনাঙ্ক, 17°C ~ 26°C)।



$$Ba(H_2PO_2)_2 + H_2SO_4 = 2H_3PO_2 + BaSO_4$$

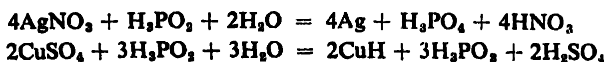
**ধর্ম।** হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিড জলাকর্ষী এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। এই অ্যাসিড এবং উহার লবণ উত্তাপে ভাঙিয়া যায় এবং ফসফিন দেয়,



$$3H_3PO_2 = 2H_3PO_3 + PH_3$$
$$3NaH_2PO_2 = NaH_2PO_3 + Na_2HPO_3 + PH_3$$
$$2H_3PO_2 = H_3PO_4 + PH_3 \quad (130°C\text{-এর উপরে})$$

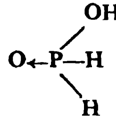
এই সব বিক্রিয়া অবশ্যই অসমঞ্জস বিভাজন (disproportionation)।

হাইপোফসফরাস অ্যাসিড একটি শক্তিশালী বিজারক। সিলভার, গোল্ড, মারকারি, বিসমাথ প্রভৃতির লবণের দ্রবণ হইতে উহাদের ধাতু নিষ্কাশিত করে। কপার-সালফেটকে কপার হাইড্রাইডে পরিণত করে:



$$4AgNO_3 + H_3PO_2 + 2H_2O = 4Ag + H_3PO_4 + 4HNO_3$$
$$2CuSO_4 + 3H_3PO_2 + 3H_2O = 2CuH + 3H_3PO_3 + 2H_2SO_4$$

হাইপোফসফরাস অ্যাসিড একক্ষারী অম্ল, সুতরাং উহার একটি মাত্র লবণ সম্ভব। স্বভাবতঃই যে হাইড্রোজেনটি আয়নিত হয় উহা OH-হিসাবে ফসফরাসের সঙ্গে যুক্ত থাকিবে। এইজন্য ইহার গঠন-সংকেত দেওয়া হইয়াছে।

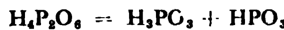


দুইটি হাইড্রোজেন সরাসরি ফসফরাসের সঙ্গে যুক্ত। সেইজন্য ইহার বিজারণ-গুণ দেখা যায়।

ইহার ক্যালসিয়াম, পটাসিয়াম এবং সোডিয়াম লবণগুলি ঔষধে ব্যবহার হয়।

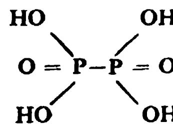
**১৮-৪৮। হাইপোফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_6$।** যদি একটি বেলজারের নীচে সীমিত পরিমাণ বাতাসে শ্বেত-ফসফরাসের কতকগুলি টুকরা জলে অর্ধ-নিমজ্জিত করিয়া রাখা যায়, তবে উহা ধীরে ধীরে জারিত হইতে থাকে। উৎপন্ন অক্সাইড জলেই দ্রবিত হইয়া যে আম্লিক দ্রবণ সৃষ্টি করে তাহাকে সোডা দ্বারা আংশিক প্রশমিত করিলে, $Na_2H_2P_2O_6, 6H_2O$ কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই সোডিয়াম লবণকে অতিরিক্ত জলে গরম করিয়া লেড নাইট্রেট লবণ মিশাইলে লেড হাইপো-ফসফেট $Pb_2P_2O_6$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাকে জলে প্রলম্বিত রাখিয়া $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে লেড সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে হাইপো-ফসফরিক অ্যাসিড থাকে। দ্রবণটি ঘন করিয়া একটি শূন্যচাপ-শোষকাধারে রাখিয়া দিলে উহা হইতে সোদক হাইপোফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_6, 2H_2O$ (গলনাঙ্ক, 62°C) কেলাসিত হয়। ইহাও ক্রমশঃ নিরুদিত হইয়া $H_4P_2O_6$ (গলনাঙ্ক, 70°C) দেয়।

**ধর্ম।** হাইপোফসফরিক অ্যাসিড জলে দ্রবণীয়। উত্তাপে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং ফসফরাস অ্যাসিড এবং মেটাফসফরিক অ্যাসিড দেয়;

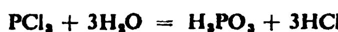


$$H_4P_2O_6 = H_3PO_3 + HPO_3$$

ইহার কোন বিজারণ ক্ষমতা নাই। উহার চারটি হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপনীয়। ইহার সংকেত $(H_2PO_3)$-এর দ্বিগুণ, কারণ $Na_3HP_2O_6, 9H_2O$ লবণ কেলাসিত করা যায় এবং আণবিক গুরুত্ব হইতে ইথাইল এস্টারের $(C_2H_5)_4P_2O_6$ সংকেত পাওয়া যায়। স্বভাবতঃই মনে করা হয়, উহার চারটি হাইড্রোজেনই OH-মূলকরূপে ফসফরাসের সঙ্গে যুক্ত হইবে। সেইজন্য উহার গঠন-সংকেত দেওয়া হইয়াছে।



**১৮-৪৯। ফসফরাস অ্যাসিড, $H_3PO_3$।** শীতল জলে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারাই ফসফরাস অ্যাসিড সাধারণতঃ তৈয়ারী করা হয়:



$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$

দ্রবণটিকে প্রায় 180°C পর্যন্ত তাপিত করা হয়। ইহাতে HCl- সম্পূর্ণ উবিয়া গেলে, দ্রবণটি গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ফসফরাস অ্যাসিডের স্ফটিক বাহির হইয়া আসে।

ফসফরাস অ্যাসিড উদ্‌গ্রাহী সাদা স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়, গলনাঙ্ক, 74°C। উত্তাপে ইহার বিভাজনে ফসফিন এবং ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$4H_3PO_3 = PH_3 + 3H_3+PO_4$$

ইহার অণুতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিলেও, দুইটি মাত্র প্রতিস্থাপনীয়। সুতরাং ইহা দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড; দুই রকমের লবণ পাওয়া সম্ভব; $NaH_2PO_3$ ও $Na_2HPO_3$।

ফসফরাস অ্যাসিডের বিজারণগুণই উহার প্রধান বৈশিষ্ট্য। উহা নিজে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়; মারকিউরিক লবণকে বিজারিত করিয়া মারকিউরাস লবণে পরিণত করে; সিলভার, কপার, প্রভৃতি লবণের দ্রবণ হইতে ধাতু নিষ্কাশিত করিয়া দেয়; এমন কি $SO_2$-কেও বিজারিত করে।



$$2H_3PO_3 + O_2 = 2H_3PO_4 \qquad SO_2 + 2H_3PO_3 = S + 2H_3PO_4$$

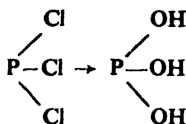


$$H_3PO_3 + 2HgCl_2 + H_2O = H_3PO_4 + Hg_2Cl_2 + 2HCl$$

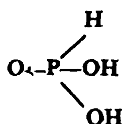


$$H_3PO_3 + 2AgNO_3 + H_2O = H_3PO_4 + 2Ag + 2HNO_3$$

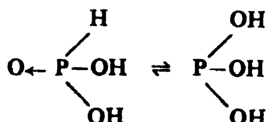
ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড হইতে উহার উৎপত্তি এবং $P(OEt)_2$ এইরূপ এস্টারের অস্তিত্ব হইতে মনে হয় উহার গঠনসংকেত হইবে।



কিন্তু উহা দ্বিক্ষারীয় অম্ল, সুতরাং সম্ভবতঃ দুইটি OH মূলক আছে, তৃতীয় হাইড্রোজেন ফসফরাসের সঙ্গে সাক্ষাৎভাবে যুক্ত। অর্থাৎ, উহার সংরচনা হওয়া উচিত,



অনেকেই মনে করেন, এই দুইটির মধ্যে এক টটোমার-সাম্য বর্তমান,



**পাইরোফসফরাস অ্যাসিড,** $H_4P_2O_5$। 40°C তাপমাত্রায় ফসফরাস অ্যাসিডের সঙ্গে $PCl_3$ মিশাইয়া দীর্ঘকাল ঝাঁকাইলে উহাতে পাইরোফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উপযুক্ত শোষকাধারে রাখিয়া দিলে তীক্ষ্ণ সূচের আকারে এই অ্যাসিড কেলাসিত হয় (গলনাঙ্ক, 30°C)।

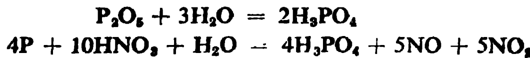


$$5H_3PO_3 + PCl_3 = 3H_4P_2O_5 + 3HCl$$

ইহা দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড।

**মেটাফসফরাস অ্যাসিড, $HPO_2$।** অত্যন্ত নিম্নচাপে অক্সিজেন দ্বারা ফসফিনের জারণে এই অ্যাসিড পাওয়া যায়। পাতলা পাতের মত স্ফটিকে ইহা কেলাসিত হয়, গলনাঙ্ক, 100°C।

**১৮-৫০। অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড, $H_3PO_4$।** ইহাকে সচরাচর ফসফরিক অ্যাসিডই বলা হয়। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ফুটন্ত জলে সন্তর্পণে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফসফরাস ফুটাইয়া ইহা তৈয়ারী করাই ল্যাবরেটরীর সাধারণ রীতি।



$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইড উড়িয়া গেলে, দ্রবণটি গাঢ় করিয়া সিরাপে পরিণত করা হয়। একটি শীতল শোষকাধারে এই সিরাপ রাখিয়া দিলে, ফসফরিক অ্যাসিডের উদ্‌গ্রাহী স্ফটিক কেলাসিত হয়।

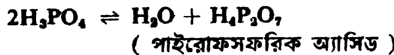
বেশী পরিমাণে সস্তায় ফসফরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে হইলে খনিজ ফসফরাইট অথবা অস্থিভস্মচূর্ণ নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসডসহ লৌহনির্মিত কড়াইতে ফুটাইয়া প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়াতে যে ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়, তাহা অদ্রবণীয়। উহা ছাঁকিয়া পৃথক করিলেই ফসফরিক অ্যাসিডেব দ্রবণ পাওয়া যায়। তাপ-সাহায্যে ইহাকে গাঢ় করিয়া ফসফরিক অ্যাসিডের সিরাপে পরিণত করা হয়।



$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$$

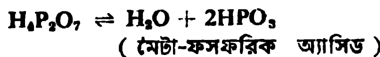
**ফসফরিক অ্যাসিডের ধর্ম।** বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়। গলনাঙ্ক 39°C। উহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ফসফরিক অ্যাসিডের অণু হইতে ধীরে ধীরে জল দূরীকৃত হইয়া যায় এবং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে। 213°C-এ দুইটি ফসফরিক অ্যাসিড অণু হইতে একটি জলের অণু নিষ্ক্রান্ত হইয়া উহা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। এই ভাবেই পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।



$$2H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2O + H_4P_2O_7$$
( পাইরোফসফরিক অ্যাসিড )

পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড আরও উত্তপ্ত করিলে (316°C) উহা হইতে আবার একটি জলের অণু বাহির হইয়া যায় এবং মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$H_4P_2O_7 \rightleftharpoons H_2O + 2HPO_3$$
( মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড )

এই বিক্রিয়াগুলি প্রায়ই উভমুখী অর্থাৎ জলের সহিত মিলিয়া আবার পূর্বের ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে। ফসফরিক অ্যাসিডের কোন জারণক্ষমতা নাই।

ফসফরিক অ্যাসিডের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। অর্থাৎ, ইহা ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড। অতএব, ইহা হইতে তিন রকমের লবণ পাওয়া যাইতে পারে, $NaH_2PO_4$, $Na_2HPO_4$ এবং $Na_3PO_4$। একটি মাত্র হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত

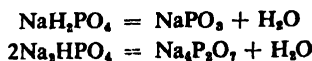
হইলে প্রাইমারী, দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে সেকেণ্ডারী ও তিনটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা টারসিয়ারী ফসফেট পাওয়া যায়।

| | | |
|---|---|---|
| প্রাইমারী ফসফেট, যেমন, | $NaH_2PO_4$, | সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট, |
| | $Ca(H_2PO_4)_2$, | প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট। |
| সেকেণ্ডারী ফসফেট, যেমন, | $Na_2HPO_4$, | ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট, |
| | $CaHPO_4$, | সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফসফেট। |
| টারসিয়ারী ফসফেট, যেমন, | $Na_3PO_4$, | ট্রাই-সোডিয়াম ফসফেট, |
| | $Ca_3(PO_4)_2$, | ক্যালসিয়াম ফসফেট, ইত্যাদি। |

ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণকে তীক্ষ্ণক্ষার (NaOH) দ্বারা প্রশমিত করিতে যদি মিথাইল অরেঞ্জ-নির্দেশক ব্যবহার করা হয় তাহা হইলে উহা প্রশমন-ক্ষণে প্রাইমারী ফসফেটে পরিণত হইবে। আর যদি থাইমলথ্যালিন-নির্দেশক প্রয়োগ করা হয় তাহা হইলে প্রশমন-বিন্দুতে অ্যাসিডের দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইবে এবং সেকেণ্ডারী ফসফেটে পাওয়া যাইবে।

উহার সহিত প্রয়োজনীয় পরিমাণ ক্ষারদ্রবণ মিশ্রিত করিয়া টারসিয়ারী লবণ প্রস্তুত করিতে হয়। প্রাইমারী লবণগুলি অম্লজাতীয়, টারসিয়ারী লবণগুলি ক্ষারজাতীয় এবং সেকেণ্ডারী লবণগুলি প্রায় প্রশম অবস্থায় থাকে।

**ফসফেট।** প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী ফসফেটগুলি তাপিত করিলে উহারা ভাঙিয়া যায় এবং যথাক্রমে মেটা-ফসফেট ও পাইরো-ফসফেট পরিণত হয়। টারসিয়ারী ফসফেটের উত্তাপে কোন পরিবর্তন হয় না।



$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O$$
$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ফসফেটগুলি উত্তাপে বিভাজিত হইয়া অ্যামোনিয়া এবং জল পরিত্যাগ করে :



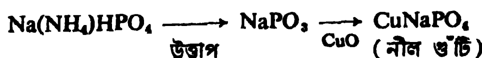
$$(NH_4)_2HPO_4 = HPO_3 + 2NH_3 + H_2O$$
$$2Mg(NH_4)PO_4 = Mg_2P_2O_7 + 2NH_3 + H_2O$$

**মাইক্রোকসমিক লবণ** (বা সোডিয়াম অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট) $Na(NH_4)HPO_4\ 4H_2O$ একটি প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম ফসফেট যৌগ। 6 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও 36 গ্রাম সাধারণ সোডিয়াম ফসফেট একটু গরম জলে দ্রবীভূত করিয়া (প্রয়োজন হইলে ফিল্টার করা হয়) কেলাসিত করিলেই 'মাইক্রোকসমিক লবণ' পাওয়া যায়। উহাও উত্তাপে বিভাজিত হইয়া অ্যামোনিয়া দেয়।



$$Na(NH_4)HPO_4 = NaPO_3 + NH_3 + H_2O$$

মানুষের মূত্রে ইহার অস্তিত্ব রহিয়াছে। গলিত অবস্থায় ইহা ধাতব অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় বিভিন্ন রংয়ের ফসফেট গঠন করিয়া থাকে। যেমন,



$$Na(NH_4)HPO_4 \xrightarrow[\text{উত্তাপ}]{} NaPO_3 \xrightarrow[CuO]{} CuNaPO_4 \text{ (নীল গুঁটি)}$$

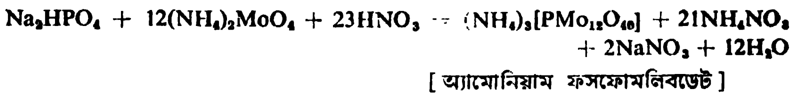
বস্তুতঃ বিক্রিয়াটি সোহাগা-গুঁটি পরীক্ষার কথা মনে করাইয়া দেয়। তাই অনেক সময় সোহাগার পরিবর্তে মাইক্রোকসমিক লবণও ব্যবহার করা যাইতে পারে। এইভাবে সিলিকেট যৌগ মূলকের ক্ষেত্রে যে গুঁটি গঠিত হয় তাহা ঐ যৌগমূলকটিকে নির্দেশ করে (সোহাগা এরূপ গুঁটি গঠন করে না)।

লিথিয়াম ফসফেট ব্যতীত অন্যান্য ক্ষারধাতুর ফসফেট জলে দ্রবণীয়। অন্য সকল ধাতুর ফসফেট জলে অদ্রাব্য কিন্তু খনিজ অ্যাসিডে (যথা, HCl) দ্রবীভূত হয়।

ফসফেট হইল একটি ব্যাঘাতকারী যৌগমূলক (interfering acid radical)। বৈশ্লেষিক শ্রেণীসমূহের মধ্যে IIIA, IIIB, IV—ধাতুসমূহ ও ম্যাগনেসিয়াম ফসফেট-গুলি জলে ও অ্যামোনিয়াতে অদ্রাব্য। তাই পরীক্ষাগারে ঐ ধাতব আয়নগুলি সনাক্ত করিতে গেলে ফসফেট-যৌগমূলকটি দূরীকরণ প্রয়োজন। আবার ফেরিক ফসফেট এমন একটি ফসফেট যে উহা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাব্য কিন্তু লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিডে নহে। এই সুযোগটিকে গ্রহণ করিয়া রাসায়নিক বিশ্লেষণের সময় 'অ্যাসিটেট বাফার'-দ্রবণের উপস্থিতিতে $FeCl_3$ (প্রশম দ্রবণ) যোগ করিয়া ফেরিক ফসফেটরূপে ফসফেটকে দূর করা হয়।

**ফসফরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা।** (১) **শুষ্ক পরীক্ষা** : কোন ফসফেট লবণকে চারকোলের উপরে লইয়া কোবাল্ট নাইট্রেটসহ ফুৎশিখাতে উত্তপ্ত করিলে উহা গাঢ় নীল পদার্থে পরিণত হয়।

(২) **সিক্ত পরীক্ষা** : কোন ফসফরিক অ্যাসিড বা কোন ফসফেট গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম মলিবডেট $[(NH_4)_2 MoO_4]$ দ্রবণ সহ ঈষৎ উষ্ণ করিলেই চমৎকার পীত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



$$Na_2HPO_4 + 12(NH_4)_2MoO_4 + 23HNO_3 = (NH_4)_3[PMo_{12}O_{40}] + 21NH_4NO_3 + 2NaNO_3 + 12H_2O$$

[অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবডেট]

ফসফেট সনাক্ত করার জন্য ইহাই প্রকৃষ্ট উপায়।

(৩) কোন অর্থোফসফেটের দ্রবণে ম্যাগনেসিয়া মিকশ্চার ($MgSO_4 + NH_4Cl + NH_4OH$) দ্রবণ মিশাইলে একটি সাদা কেলাসিত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ ম্যাগনেসিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেট। ইহাও অর্থোফসফেটের এক বিশিষ্ট পরীক্ষা।



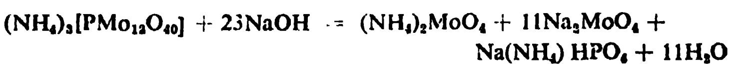
$$Na_2HPO_4 + MgSO_4 + NH_4OH = MgNH_4PO_4 + Na_2SO_4 + H_2O$$

(৪) অর্থোফসফেট দ্রবণ সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে সুন্দর পীত সিলভার ফসফেটের অধঃক্ষেপ দেয়। এই অধঃক্ষেপ লঘু $HNO_3$ এবং অ্যামোনিয়াতে দ্রাব্য।



$$2Na_2HPO_4 + 3AgNO_3 = Ag_3PO_4 + 3NaNO_3 + NaH_2PO_4$$

**পরিমাণ নির্ধারণ।** (ক) কোন পদার্থে ফসফেটের পরিমাণ নির্ধারণ করিতে হইলে উহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া ফসফোমলিবডেট রূপে সম্পূর্ণ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। এই অধঃক্ষেপটিকে ছাঁকিয়া এবং ধুইয়া পৃথক করা হয়। তৎপর এই অধঃক্ষেপকে নির্দিষ্ট শক্তির প্রমাণ কস্টিক সোডার নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রবিত করা হয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে।



$$(NH_4)_3[PMo_{12}O_{40}] + 23NaOH = (NH_4)_2MoO_4 + 11Na_2MoO_4 + Na(NH_4)HPO_4 + 11H_2O$$

বিক্রিয়াশেষে অপরিবর্তিত বাকী কস্টিক সোডাটুকুর পরিমাণ প্রমাণ অ্যাসিডদ্বারা টাইট্রেশন করিয়া স্থির করা হয়। অতএব উপরোক্ত বিক্রিয়াতে কতটা NaOH প্রয়োজন হইয়াছে তাহা জানা যায়। ইহা হইতে ফসফেটের পরিমাণ হিসাব করা যায়।

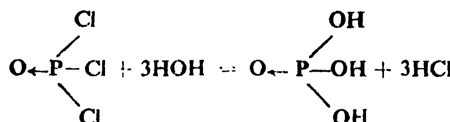
$$1 c.c. (N) NaOH \equiv 0{\cdot}001349 \text{ gm } P$$

(খ) ফসফেটের সঙ্গে ম্যাগনেশিয়া মিকশ্চার মিশাইয়া যে ম্যাগনেশিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেট অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, উহাকে পৃথক করিয়া লইয়া উত্তাপে দাহ করিলে উহা ম্যাগনেসিয়াম পাইরোফসফেটে পরিণত হয়; শীতল হইলে এই পাইরো-ফসফেটের ওজন হইতেই ফসফেটের পরিমাণ জানা যায়।



$$2MgNH_4PO_4 = Mg_2P_2O_7 + 2NH_3 + H_2O$$

**ফসফরিক অ্যাসিডের গঠন-সংকেত।** ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে ফসফরিক অ্যাসিডের উৎপাদন এবং ফসফরিক অ্যাসিডের তিনটি হাইড্রোজেনই আয়নিত হওয়া—এই দুইটি তথ্যের সাহায্যে উহার গঠন-সংকেত সহজেই নির্দেশ করা যায়।



$$O\leftarrow P(Cl)_3 + 3HOH = O\leftarrow P(OH)_3 + 3HCl$$

তিনটি OH-মূলকের তিনটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইতে পারে।

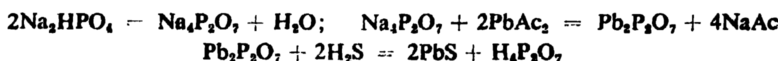
**ব্যবহার।** বিভিন্ন ফসফেট প্রস্তুত করিতে ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়, বিশেষতঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যামোনিয়াম ফসফেটের জন্য—ইহারা ঔষধে ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় কোন লবণ হইতে অ্যাসিড উৎপাদনে ইহার প্রয়োজন হয়; যেমন, HBr তৈয়ারী করিতে $H_2SO_4$ অ্যাসিড উহার জারণ-গুণের জন্য ব্যবহার করা যায় না; সেইজন্য $H_3PO_4$ অ্যাসিড ব্যবহার হয়। ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবেও এই অ্যাসিড প্রয়োজন হয়।

১৮-৫১। পাইরোফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_7$। 213°C-এর বেশী উষ্ণতায় ফসফরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিয়া অবশ্যই এই অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$2H_3PO_4 = H_4P_2O_7 + H_2O$$

সোডিয়াম ফসফেট উত্তপ্ত করিলে (240°C) যে সোডিয়াম পাইরো-ফসফেট হয়, তাহার জলীয় দ্রবণে লেড-অ্যাসিটেট দ্রবণ মিশাইলে লেড-পাইরোফসফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ জলে প্রলম্বিত রাখিয়া $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে উহা লেড-সালফাইড ও পাইরোফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O; \quad Na_4P_2O_7 + 2PbAc_2 = Pb_2P_2O_7 + 4NaAc$$
$$Pb_2P_2O_7 + 2H_2S = 2PbS + H_4P_2O_7$$

লেড সালফাইড ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া, দ্রবণটিকে ঘন ও ঠাণ্ডা করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া দিলে পাইরোফসফরিক অ্যাসিড (গলনাঙ্ক, 61°C) কেলাসিত হয়।

পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ চতুঃক্ষারীয় অম্ল। কিন্তু উহার কেবল মাত্র দুই প্রকার লবণ পাওয়া যায়, যথা; $Na_4P_2O_7$ এবং $Na_2H_2P_2O_7$।

এই অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ফুটাইলে উহা আস্তে আস্তে ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



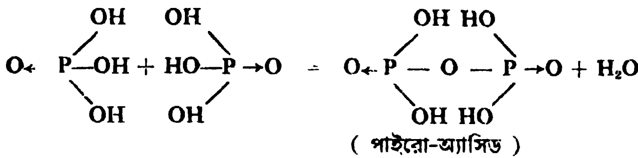
$$H_4P_2O_7 + H_2O = 2H_3PO_4$$

পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিডকে খুব উত্তপ্ত করিলে (>316°C) উহা নিরুদিত হইয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়;



$$H_4P_2O_7 = 2HPO_3 + H_2O$$

সংকেত। দুইটি ফসফরিক অ্যাসিড অণু হইতে একটি জলের অণুর নিষ্কাশনে পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড হয়। এই জন্য উহার সংকেত হইবে,



( পাইরো-অ্যাসিড )

১৮-৫২। মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড, $HPO_3$। (১) উত্তাপে ফসফরিক অ্যাসিড বা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড নিরুদনে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। গলিত পদার্থ ঠাণ্ডা করিলে উহা একটি কাচ-সদৃশ কঠিন পদার্থরূপে পাওয়া যায়।



$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$

কিন্তু এই মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে একাধিক অণু পুঞ্জীভূত হইয়া কাচের মত কঠিনাকার ধারণ করে। বস্তুতঃ উহা একটি বহুসংযোগী-অণু বা পলিমার, সংকেত $(HPO_3)_n$।

(২) মনোসোডিয়াম ফসফেট অথবা মাইক্রোকস্মিক লবণ উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম মেটা-ফসফেট পাওয়া যায়। উহাকে প্রথমে লেড-মেটা-ফসফেটে পরিণত করিয়া $H_2S$-গ্যাস দ্বারা বিভাজিত করিলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণ ঘন করিয়া, শীতল অবস্থায় শোষকাধারে রাখিলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই অ্যাসিড একাণুক (monomer) $HPO_3$।



$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O\ ;\ Na(NH_4)HPO_4 = NaPO_3 + NH_3 + H_2O$$



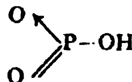
$$NaPO_3 \xrightarrow{PbAc_2} Pb(PO_3)_2 \xrightarrow{H_2S} HPO_3$$

(৩) বিশুদ্ধ মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়ার জন্য কেলাসিত ফসফরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইডের বিক্রিয়া সম্পাদন করা হয়:



$$2H_3PO_4 + POCl_3 = 3HPO_3 + 3HCl$$

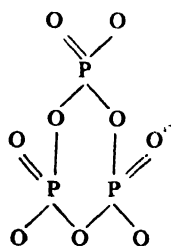
মেটাফসফরিক অ্যাসিডের অপর নাম 'গ্লেসিয়েল ফসফরিক অ্যাসিড', উহা উদগ্রাহী। কাচসদৃশ এই পদার্থটি জলে দ্রবণীয় এবং একক্ষারী অম্ল। একাণুক অবস্থায় উহার গঠন-সংকেত হইবে,



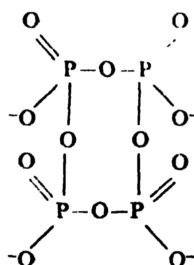
কিন্তু উহার একাধিক অণু প্রায়ই পলিমার রূপে থাকে, $(HPO_3)_n$। মেটাফসফরিক অ্যাসিডের একটি বিশেষ ধর্ম হইল, উহাদ্বারা ডিমের অ্যালবুমেনের তঞ্চন (coagulation) হয়। তাছাড়া, এই অ্যাসিড মলিবডেট অধঃক্ষেপ দেয়; সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে প্রশম অবস্থায় সাদা অধঃক্ষেপ দেয়। কিন্তু ম্যাগনেসিয়া মিকশ্চারের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া হয় না।

**মেটাফসফেট লবণ।** মেটাফসফেটগুলির মধ্যে সোডিয়াম মেটাফসফেট অন্যতম। কিন্তু অ্যাসিডের মত এই লবণও বহুসংযোগী বিভিন্ন পলিমার রূপে থাকে। এই পলিমার সমূহের সংযোগ-ক্রম উহাদের প্রস্তুত করার উপর নির্ভর করে।

মনোসোডিয়াম ফসফেটকে ধীরে ধীরে তাপিত করিলে (315°C) উহা একাণুক সোডিয়াম মেটাফসফেটে ($NaPO_3$) পরিণত হয়। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয় এবং ইহাকে বলা হয় **ম্যাডরেল লবণ** (Maddrell's salt)। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার বহুসংযোগ বা পলিমারিজেসন ঘটে এবং ট্রাই-মেটাফসফেট $(NaPO_3)_3$ এবং টেট্রা-মেটাফসফেট, $(NaPO_3)_4$, উৎপন্ন হয়। ইহারা জলে দ্রবণীয় এবং অক্সিজেন পরমাণুর মাধ্যমে বৃত্তাকার অণু গঠন করে। ইহারা ম্যাডরেল লবণ (I) এবং ম্যাডরেল লবণ (II) নামে পরিচিত। উহাদের আয়ন হইবে,

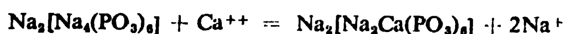


ম্যাডরেল আয়ন (I)
$(P_3O_9)^{3-}$



ম্যাডরেল আয়ন (II)
$(P_4O_{12})^{4-}$

**গ্রাহাম লবণ** (Graham's salt)। সোডিয়াম ট্রাই-মেটাফসফেটকে গলাইয়া যদি তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করা হয় তবে কাচের মত কিন্তু জলে দ্রাব্য একটি পদার্থ উৎপন্ন হয়। উহার গলনাঙ্ক, 640°C। উহা অবশ্যই একটি বহুসংযোগী $NaPO_3$-পলিমার, $(NaPO_3)_n$। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে, 'গ্রাহাম লবণ' এবং ইহাকে মোটামুটি সোডিয়াম-হেক্সা-মেটাফসফেট নামীয় জটিল যৌগ মনে করা হয়, $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$। কোন দ্রবণে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতির আয়ন থাকিলে উহাদের গ্রাহাম লবণ শোষণ করে এবং জটিল আয়নের সোডিয়ামের দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে :



$$Na_2[Na_4(PO_3)_6] + Ca^{++} = Na_2[Na_2Ca(PO_3)_6] + 2Na^+$$

এই কারণে, 'ক্যালগণ' নামে ইহা খর-জল মৃদু করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

**কুরোল লবণ** (Kurrol salt)। ম্যাডরেল লবণকে সাবধানে উচ্চতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া রাখিয়া দিলে উহা একটি স্ফটিকার পদার্থ উৎপাদন করে। ইহার গলনাঙ্ক, >800°C। ইহার সংকেত হইতে ইহাকে অক্টামেটাফসফেট, $(NaPO_3)_8$ মনে করা হয়। ইহারই নাম দেওয়া হইয়াছে, 'কুরোল লবণ'।

**পলিফসফেট।** মেটাফসফেট এবং পাইরোফসফেট একত্র গলাইলে অথবা মনো- এবং ডাই-সোডিয়াম ফসফেট একত্র গলাইলে, অতিরিক্ত ফসফরাস সমন্বিত ফসফেট পাওয়া যায়। ইহাদের বলে 'পলিফসফেট'।

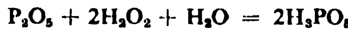


$$NaH_2PO_4 + 2Na_2HPO_4 = Na_5P_3O_{10} + 2H_2O$$

**১৮-৫৩। অর্থো, পাইরো এবং মেটাফসফেটের সনাক্তকরণ।** নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে এই তিন রকম ফসফেটকে সনাক্ত করা সম্ভব :

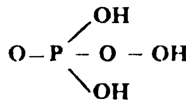
| | বিকারক | অর্থো— | পাইরো— | মেটা-ফসফেট |
|---|---|---|---|---|
| ১। | $AgNO_3$ দ্রবণ | পীত অধঃক্ষেপ | সাদা অধঃক্ষেপ | সাদা অধঃক্ষেপ |
| ২। | ম্যাগনেশিয়া মিকশ্চার | সাদা অধঃক্ষেপ (অতিরিক্ত বিকারকে অদ্রাব্য) | সাদা অধঃক্ষেপ (অতিরিক্ত বিকারকে দ্রাব্য) | × |
| ৩। | কপারসালফেট দ্রবণ | ঈষৎ নীল অধঃক্ষেপ | ফিকে নীল অধঃক্ষেপ | × |
| 8। | ডিমের অ্যালবুমেন | × | × | তঞ্চন |

**১৮-৫8। পারমনোফসফরিক অ্যাসিড, $H_3PO_5$।** 30% $H_2O_2$-এর সঙ্গে ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের বিক্রিয়াতে পারমনোফসফরিক অ্যাসিডের উদ্ভব হয়।

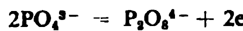


$$P_2O_5 + 2H_2O_2 + H_2O = 2H_3PO_5$$

ইহার জারণ-ক্ষমতা সমধিক ; ম্যাঙ্গানাস লবণকে ইহা পারম্যাঙ্গানেটে জারিত করে। ইহার সংকেত,

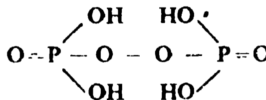


**১৮-৫৫। পার-ডাইফসফরিক অ্যাসিড, $H_4P_2O_8$।** শীতল অবস্থায় পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া হইতে এই অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। অথবা পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও ইহা উৎপন্ন হয় ;

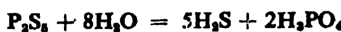


$$2PO_4^{3-} = P_2O_8^{4-} + 2e$$

ইহারও জারণ-ক্ষমতা যথেষ্ট ; অ্যানিলিনকে ইহা নাইট্রোবেনজিনে জারিত করে। ইহার সংকেত,



**১৮-৫৬। ফসফরাসের সালফাইড।** লাল ফসফরাস এবং সালফারচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া একটি প্রায়-আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে উহাদের সংযোগ ঘটে এবং বিভিন্ন ফসফরাস সালফাইড উৎপন্ন হয়। প্রথমে একবার তাঁপিত করার পর আর উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয় না, বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপেই সংযোগ চলিতে থাকে। $P_2S_5$, $P_4S_3$, $P_4S_5$ প্রভৃতি অনেক সালফাইড হয়, তন্মধ্যে $P_2S_5$ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। উৎপন্ন সালফাইডকে কার্বন-ডাই-সালফাইড দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে $P_2S_5$ পাওয়া যায়। ঈষৎ হলুদ $P_2S_5$-এর গলনাঙ্ক, 290°C। শীতল জলের সংস্পর্শে ইহা আস্তে আস্তে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় ;



$$P_2S_5 + 8H_2O = 5H_2S + 2H_3PO_4$$

$P_2S_5$-কে কস্টিক সোডায় দ্রবিত করিয়া উহাতে কোহল দিলে বিভিন্ন সোডিয়াম থায়োফসফেট পাওয়া যায় ; $Na_3PSO_3$, $Na_3PS_2O_2$ এবং $Na_3PS_3O$।

দিয়াশলাই প্রস্তুত করিতে $P_2S_5$ প্রয়োজন হয়।

**১৮-৫৭। ফসফরাসের প্রাকৃতিক বিবর্তন-চক্র।** প্রাকৃতিতে নাইট্রোজেনের মত ফসফরাসেরও একটি চক্রীয় পরিবর্তন দেখা যায়। প্রকৃতিতে ফসফরাস আছে ফসফরাইট খনিজরূপে, নানা ফসফেট হিসাবে। আবার প্রাণী ও উদ্ভিদমাত্রেরই পুষ্টি ও বৃদ্ধির জন্য ফসফরাসের নিতান্ত প্রয়োজন। উদ্ভিদ মাটি হইতে উহার প্রয়োজনীয় ফসফরাস সংগ্রহ করে। ফসফরাইট, অ্যাপেটাইট ইত্যাদি খনিজের কিয়দংশ মাটির অ্যাসিডে দ্রবিত হইয়া উদ্ভিদজগতে প্রবেশ করে এবং উদ্ভিজ্জ-প্রোটিনে পরিণত হয়। উদ্ভিদই ফলমূল, শাকসবজী, বীজ প্রভৃতি দ্বারা সাধারণতঃ প্রাণিজগতকে ফসফরাস পরিবেশন করে। তবে, মানুষ এবং অন্যান্য মাংসাশী প্রাণী অবশ্য দুধ, ডিম, মাংস ইত্যাদি প্রাণি-জাত দ্রব্য হইতেও ফসফরাস পায়। প্রাণিজগতের মলমূত্রের সঙ্গে, এবং জৈবজগতের ধ্বংস ও পচনের ফলে, ঐ ফসফরাস আবার মাটিতে ফিরিয়া আসে। এইভাবে প্রকৃতিতে মাটি এবং জৈবজগতের মধ্যে ফস্‌ফরাসের আদান-প্রদানের এক বিবর্তন ঘটিতেছে।

বস্তুতঃ ফসফরাসের উপরেও মাটির উর্বর-শক্তি নির্ভর করে। যে উদ্ভিদ ও প্রাণী ফসফরাস জমি হইতে অপসারিত করে, উহারা যদি সেই জমিতেই লয় বা ধ্বংস পাইত তাহা হইলে অবশ্য জমির ফসফরাসের তারতম্য ঘটিত না। কিন্তু মানুষ একই জমিতে পুনঃপুনঃ শস্য উৎপাদন করে, এবং স্থানান্তরে তাহা বিস্তারিত হইয়া যায়। আবার, প্রাণীর মলমূত্রাদি জলস্রোতে সর্বদাই শেষ পর্যন্ত গিয়া সাগরে পতিত হয়। এই সকল কারণে শস্য-উৎপাদনী জমির ফসফরাস কমিতে থাকে এবং উহার উর্বরতা ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে থাকে। সুতরাং জমিতে কৃত্রিম ফসফেট-সার দেওয়ার প্রয়োজন হয়। অস্থি-ভস্ম, ক্ষারক ধাতুমল (basic slag), কোন কোন ফসফরাস খনিজচূর্ণ অবশ্য সার হিসাবে অনেক সময় ব্যবহৃত হয়, কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রে বর্তমানে 'সুপারফস্‌ফেট' সার ব্যবহার করা হয়। এই জন্য একটি রাসায়নিক-শিল্প গড়িয়া উঠিয়াছে।

**'সুপার ফসফেট অব লাইম' (Superphosphate of lime)।** প্রকৃতিজাত ফসফরাস যৌগে প্রায়ই প্রশম ক্যালসিয়াম ফসফেটরূপে থাকে, কিন্তু $Ca_3(PO_4)_2$ জলে অদ্রবণীয় সুতরাং সার হিসাবে উপযুক্ত নয়। সেই জন্য উহাকে দ্রবণীয় ফসফেটে রূপান্তরিত করিয়া লওয়া প্রয়োজন। খনিজ ফসফরাইট প্রভৃতিকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেটে পরিণত করিয়া তাহাই ব্যবহার করা হয়; তাহা সহজে দ্রাব্য।

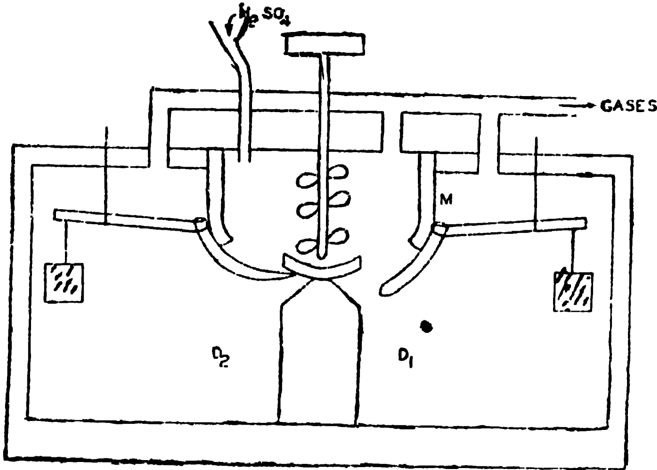
সমপরিমাণ বিচূর্ণ ফসফরাইট খনিজ এবং সালফিউরিক অ্যাসিড (ঘনত্ব, 1.5) একটি কাস্ট-আয়রণের আধারে (M) লইয়া আলোড়কদ্বারা উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয় (চিত্র ১৮-ব)। কয়েক মিনিটেই উহাদের উত্তম মিশ্রণ হয় এবং বিক্রিয়া হইতে শুরু করে। তারপর সম্পূর্ণ মিশ্রণকে তলদেশের একটি নির্গম-পথ দিয়া নিম্নস্থ প্রকোষ্ঠে ($D_1$ অথবা $D_2$) চালান করা হয়।



$$5Ca_3(PO_4)_2 + 11H_2SO_4 = 4Ca(H_2PO_4)_2 + 2H_3PO_4 + 11CaSO_4$$

বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার জন্য নীচের এই প্রকোষ্ঠে মিশ্রণটিকে কয়েক ঘন্টা রাখা হয়। বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত তাপে ($100 \sim 110°C$ উষ্ণতায়) উহা থাকে। বিক্রিয়াতে ধীরে ধীরে উহা প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের কঠিনাকার পদার্থে পরিণত হয়। এই মিশ্র পদার্থকেই বলা হয় 'সুপারফসফেট অব লাইম'। ইহাকে চূর্ণ করিয়া সাররূপে জমিতে দেওয়া হয়।

বিক্রিয়ার সময় যথেষ্ট গ্যাস উপজাত হয় এবং উহাতে প্রচুর HF, ও $SiF_4$ ইত্যাদি থাকে। একটি নির্গম-নল দিয়া এই গ্যাস বাহিরে আসে এবং একটি টাওয়ারে জলস্রোতে উহাদের শোষণ করা হয়। ইহাতে $H_2SiF_6$ পাওয়া যায় এবং সোডাদ্বারা উহাকে মূল্যবান $Na_2SiF_6$-এ পরিণত করা হয়।




চিত্র ১৮-ব। সুপারফসফেট অব লাইম-প্রস্তুতি

**দিয়াশলাই।** বলা বাহুল্য, ফসফরাস মৌলহিসাবে সকলের চেয়ে বেশী ব্যবহৃত হয় দিয়াশলাই শিল্পে। পূর্বে অবশ্য দিয়াশলাই-প্রস্তুতিতে শ্বেত ফসফরাসও ব্যবহৃত হইত। কিন্তু বিষাক্ত বলিয়া উহার ব্যবহার এখন আইনবিরুদ্ধ। আজকাল দুই প্রকার দীপ-শলাকা প্রস্তুত হয়: (১) 'লুসিফার' জাতীয় দীপশলাকা—ইহাতে কাঠির মাথায় ফসফরাস সালফাইড ও লেড ডাই-অক্সাইড ($PbO_2$), কাচের গুঁড়া ও আঠার সহিত মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। যে কোন কঠিন জায়গায় ঘসিয়া উহাকে প্রজ্বলিত করা যায়। আমাদের দেশে এরকম দিয়াশলাই-এর প্রচলন বিশেষ নাই। (২) সাধারণ ব্যবহৃত দিয়াশলাইকে 'সেফটি ম্যাচ' বা 'নিরাপদ দীপশলাকা' বলা যাইতে পারে। ইহাদের জ্বালাইতে হইলে বিশেষভাবে প্রস্তুত রাসায়নিক মিশ্রণের সহিত ঘর্ষণ করা প্রয়োজন। ইহাদের কাঠির মাথায় অ্যান্টিমনি ট্রাই-সালফাইড ($Sb_2S_3$), লেড ডাই-অক্সাইড বা পটাস ক্লোরেট ও সালফার থাকে এবং ঘর্ষণ করার জন্য বাক্সের গায়ে লোহিত ফসফরাস, কাচ-চূর্ণ আঠার সাহায্যে মাখান থাকে।

এই সমস্ত দীপশলাকাতে $P_2S_5$ বা $Sb_2S_3$ বিজারকের কাজ করে এবং $PbO_2$, $KClO_3$ ইত্যাদি জারকের কার্য সম্পন্ন করে।

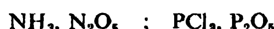
**১৮-৫৮। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের সাদৃশ্য।** পর্যায়-সারণীতে এই দুইটি মৌল একই শ্রেণীতে স্থান পাইয়াছে এবং বস্তুতঃ ইহাদের ভিতর অনেকটা মিল দেখা যায়।

(১) দুইটি মৌলিক পদার্থই অধাতব। সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস এবং ফসফরাস কঠিনাকার। নাইট্রোজেন অনেকটা নিষ্ক্রিয় এবং প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায়

পাওয়া যায়, কিন্তু ফসফরাস অত্যন্ত সক্রিয়, উহা কখনও মৌলরূপে প্রকৃতিতে থাকিতে পারে না। নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক, ফসফরাস চতুষ্পরমাণুক। ফসফরাস বাতাসে জারিত হয়; নাইট্রোজেনকে 3000°C-এ অক্সাইডে পরিণত করা যায়।

(২) উভয়েই একাধিক রূপভেদে থাকিতে পারে, অর্থাৎ উহাদের বহুরূপতা আছে। নাইট্রোজেন—সাধারণ ও সক্রিয়; ফসফরাস—শ্বেত ও লোহিত।

(৩) উভয় মৌলই বহুযোজী। উহাদের প্রধান যোজ্যতা তিন ও পাঁচ। অন্যান্য যোজ্যতাও দেখা যায়:



$$NH_3,\ N_2O_5\ \ ;\ \ PCl_3,\ P_2O_5$$

(৪) উভয়ই প্রায় একইরূপ বিভিন্ন হাইড্রোজেন-যৌগ উৎপন্ন করিতে সমর্থ।

নাইট্রোজেন—$NH_3$, $N_2H_4$, $N_3H$ ; ফসফরাস—$PH_3$, $P_2H_4$, $P_{12}H_6$

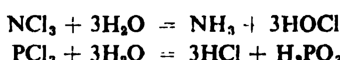
অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের মধ্যেও অনেক সাদৃশ্য বর্তমান এবং এই দুইটি হাইড্রোজেন-যৌগই ক্ষারধর্মী। $NH_3$ কিন্তু ফসফিন অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী এবং জলেও অধিকতর দ্রাব্য। অ্যামোনিয়াম ও ফসফোনিয়াম যৌগেরও সদৃশ ব্যবহার দৃষ্ট হয়।

(৫) দুইটি মৌলেরই একাধিক অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড আছে। অক্সাইডসমূহের দুই-একটি প্রশম বটে, কিন্তু আর সবই অম্লজাতীয়, উহাদের ভিতরেও অনেকটা মিল দেখা যায়।

| | নাইট্রোজেন | ফসফরাস |
|---|---|---|
| অক্সাইড, | $N_2O$, $NO$, $N_2O_3$, $N_2O_4$, $N_2O_5$ | $P_2O_3$, $P_2O_4$, $P_2O_5$ |
| অ্যাসিড | $HNO_2$, $HNO_3$ | $H_3PO_2$, $H_3PO_3$, $H_3PO_4$, $HPO_3$ |

নাইট্রোজেনের অ্যাসিডগুলি ফসফরাসের অ্যাসিড অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী।

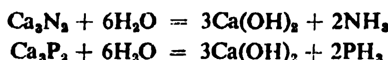
(৬) উভয়েরই ক্লোরাইড অস্থায়ী ধরনের এবং খুব সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে:



$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$$

নাইট্রোজেনের পেন্টাক্লোরাইড নাই, ফসফরাসের পেন্টাক্লোরাইড আছে।

(৭) ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত উহারা যুক্ত হইয়া যে সকল যৌগ উৎপাদন করে, সেগুলিও আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া থাকে এবং অ্যামোনিয়া বা ফসফিন উৎপাদিত হয়:



$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$
$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

## আর্সেনিক

চিহ্ন As, ক্রমাঙ্ক, 33 পাঃ গুরুত্ব 74.92 ইলেকট্রন-বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$

মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে অতি সামান্য আর্সেনিক পাওয়া যায়। অধিকাংশ আর্সেনিক-যৌগ সালফাইডরূপে থাকে অথবা আয়রণ, কোবাল্ট, নিকেল ইত্যাদির আর্সেনাইড হিসাবে

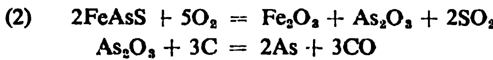
পাওয়া যায়। কপার, জিঙ্ক, টিন প্রভৃতির সালফাইড আকরিকের সঙ্গে সর্বদাই কিছু আর্সেনিক থাকে। ইহার কয়েকটি প্রধান খনিজ:

(১) আর্সেনিক পাইরাইটিস, $FeAsS$ ; (৪) নিকেল গ্লান্স (Nickel glance), $NiAsS$;
(২) রিয়ালগার (মোমছাল), $As_2S_2$ ; (৫) নিকোলাইট (Niccolite), $NiAs$;
(৩) অপিমেন্ট (হরিতাল), $As_2S_3$ ; (৬) কোবাল্ট ব্লুম, $Co_3(AsO_4)_2$।

**১৮-৫৯। আর্সেনিক প্রস্তুতি।** সচরাচর আর্সেনিক মৌলটি আর্সেনিক পাইরাইটিস আকরিক হইতে তৈয়ারী করা হয়। যদিও এই আকরিকটিকে উত্তপ্ত করিলেই আর্সেনিক উর্ধপাতিত হইয়া আসে, তবুও বর্তমান পদ্ধতিতে খনিজটিকে তাপজারিত করিয়া প্রথমে অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং তারপর অক্সাইডকে চারকোলের সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করিয়া মৌলটি প্রস্তুত করা হয়।



(1) $FeAsS = FeS + As$



(2) $2FeAsS + 5O_2 = Fe_2O_3 + As_2O_3 + 2SO_2$

$As_2O_3 + 3C = 2As + 3CO$

একটি মাটির উন্মুক্ত নলে বিচূর্ণ পাইরাইটিসকে তাপজারিত করা হয়। আর্সেনিক অক্সাইড উর্ধপাতিত হইয়া একটি শীতল লোহার নলে আসিয়া জমা হয়। ইহাকে সংগ্রহ করিয়া আবশ্যক পরিমাণ চারকোল সহ মিশ্রিত করিয়া একটি মাটির বকযন্ত্রে উর্ধপাতন করা হয় এবং সাদা আর্সেনিক পাউডাররূপে পাওয়া যায়।

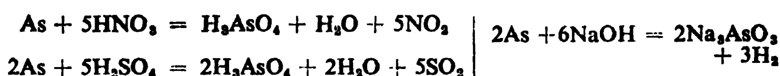
**ধর্ম।** ফসফরাসের মতই আর্সেনিকেরও একাধিক রূপভেদ আছে। $\alpha$-, $\beta$- এবং $\gamma$-আর্সেনিক—এই তিন প্রকার আর্সেনিক আছে। সচরাচর যে আর্সেনিক পাওয়া যায়, উহা $\gamma$-আর্সেনিক। ইহাকে ধাতব আর্সেনিক বা ধূসর (grey) আর্সেনিকও বলা হয়। এই $\gamma$-আর্সেনিকই স্থায়ী। ধূসর বর্ণের স্ফটিকাকার এই আর্সেনিকের একটা ধাতব দ্যুতি আছে, ইহার কিছু তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতাও আছে। ইহার ঘনত্ব, 5.73। বাষ্প-ঘনত্ব নির্ধারণ করিয়া, দেখা গিয়াছে, ইহার অণু চতুঃপরমাণুক, $As_4$। $\gamma$-আর্সেনিক কার্বন-ডাইসালফাইডে অদ্রাব্য। তাপিত করিলে উহা গলে না, 450°C-এর উপরে উহা উর্ধ্বপাতিত হইতে থাকে। ধাতব ফসফরাস, অ্যান্টিমনি ও বিস্‌মাথের সঙ্গে এই আর্সেনিক সমাকৃতিক। আর্সেনিক মুখ্যতঃ অধাতব, কিন্তু উহার কিছু কিছু ধাতব প্রকৃতিও পরিলক্ষিত হয়। এই জন্য ইহাকে ধাতুকল্প বলিয়া গণ্য করা হয়।

সাধারণ অবস্থায় শুষ্ক বাতাসে আর্সেনিকের কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু আর্দ্র বাতাসে উহার উপরে $As_2O_3$-র একটি পাতলা স্তর পড়ে। বাতাসে 400°C-এ তাপিত করিলে উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং অক্সাইডে পরিণত হয়। ঐরূপ ক্লোরিন বা ব্রোমিন বাষ্পের সংস্পর্শেও উহার প্রজ্বলন হয় এবং হ্যালাইড উৎপন্ন হয়, যেমন,



$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$

গাঢ় নাইট্রিক এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা আর্সেনিক জারিত হইয়া আর্সেনিক-অ্যাসিডে পরিণত হয়। ক্ষারক-দ্রবণে আর্সেনিক আক্রান্ত হয় না, কিন্তু কস্টিক সোডা বা পটাসের সঙ্গে গলাইলে উহা আর্সেনাইটে পরিণত হয়।



$$As + 5HNO_3 = H_3AsO_4 + H_2O + 5NO_2$$
$$2As + 5H_2SO_4 = 2H_3AsO_4 + 2H_2O + 5SO_2$$
$$2As + 6NaOH = 2Na_3AsO_3 + 3H_2$$

কোন কোন গলিত ধাতুতে (যেমন, Pb, Cu) আর্সেনিক দ্রবিত হইয়া ধাতু-সংকরে পরিণত হয়। ঐ সকল সংকরের চাহিদা আছে। অধিকাংশ আর্সেনিকই আর্সেনিক অক্সাইডরূপে ব্যবহৃত হয়।

$\alpha$-আর্সেনিক। আর্সেনিক বাষ্পকে হঠাৎ খুব শীতল করিলে পীতবর্ণের স্ফটিকাকার $\alpha$-আর্সেনিক পাওয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 2.0 (18°C), ইহা $CS_2$-এ দ্রবণীয়। ইহা খুব অস্থায়ী এবং সহজেই $\gamma$-আর্সেনিকে পরিবর্তিত হইয়া যায়। বাতাসের সংস্পর্শে উহা জারিত হইতে থাকে।

$\beta$-আর্সেনিক। হাইড্রোজেন গ্যাসে ধূসর আর্সেনিককে উত্তপ্ত করিলে উহা ঊর্ধপাতিত হইয়া আসিয়া একটি কালো অনিয়তাকার পদার্থরূপে পরিন্যস্ত হয়। ইহাই $\beta$-আর্সেনিক, ঘনত্ব, 4.71। 360°C-এ ইহা ধসর আর্সেনিকে পরিণত হয়। ইহা $CS_2$—এ অদ্রাব্য।

## আর্সেনিকের কয়েকটি প্রধান যৌগ

যৌগ গঠনে আর্সেনিক অবস্থাবিশেষে উহার দুইরকম যোজ্যতাই—তিন এবং পাঁচ—ব্যবহার করে; $AsCl_3$, $As_2O_3$, . . .; $As_2O_5$, $Na_3AsO_4$, . . .। কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যতিক্রম আছে, যেমন, $As_2H_2$, $As_2I_4$, $As_2S_2$। প্রধানতঃ, যৌগ গঠনে ফসফরাসের সঙ্গে আর্সেনিকের যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে।

**১৮-৬০। আর্সাইন $AsH_3$।** (১) কোন আর্সেনিক যৌগের জলীয় দ্রবণকে জায়মান হাইড্রোজেন ($Zn + H_2SO_4$) দ্বারা বিজারিত করিয়া আরসাইন তৈয়ারী করা যায়। উৎপন্ন গ্যাসে হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। এই গ্যাসকে তরল-বায়ু-আবৃত একটি নলে পাঠান হয়। সেখানে আরসাইন বর্ণহীন তরলাকারে পৃথক হয়; হাইড্রোজেন চলিয়া যায়।



$$As_2O_3 + 12H = 2AsH_3 + 3H_2O$$

(২) অ্যালুমিনিয়াম ও আর্সেনিক একটি আবদ্ধ পাত্রে লইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম আর্সেনাইড পাওয়া যায়। উহাকে জলের সঙ্গে গরম করিলে আরসাইন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Al + As = AlAs; \qquad AlAs + 3H_2O = AsH_3 + Al(OH)_3$$

অন্যান্য ধাতব আর্সেনাইডও অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হইলে প্রায়ই আরসাইন দেয়;



$$Mg_3As_2 + 3H_2SO_4 = 2AsH_3 + 3MgSO_4$$

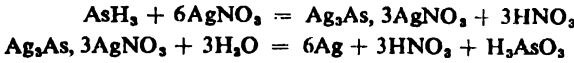
ধর্ম। আর্সাইন রসুনের মত দুর্গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস (স্ফুটনাঙ্ক, −55°C), অস্থায়ী এবং বিষ। 230°C-এ ইহা উহার মৌল দুইটিতে বিশ্লেষিত হইয়া যায়। বাতাসে তাপিত করিলে আর্সাইন পুড়িয়া আর্সেনিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2AsH_3 + 3O_2 = As_2O_3 + 3H_2O$$

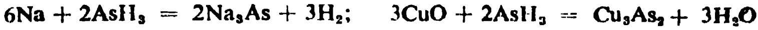
জল, অ্যাসিড বা ক্ষারদ্রবণের সঙ্গে আর্সাইনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

গাঢ় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে আর্সাইন পরিচালিত করিলে প্রথমে একটি হলুদ রংয়ের সিলভার-আর্সেনাইডের যুত-যৌগিক পাওয়া যায়। দ্রবণটি লঘু করিলে শেষ পর্যন্ত কালো ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$AsH_3 + 6AgNO_3 = Ag_3As, 3AgNO_3 + 3HNO_3$$
$$Ag_3As, 3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3AsO_3$$

উত্তপ্ত সোডিয়াম অথবা কপার অক্সাইডের সঙ্গে উহা ধাতব আর্সেনাইড দেয়;



$$6Na + 2AsH_3 = 2Na_3As + 3H_2; \quad 3CuO + 2AsH_3 = Cu_3As_2 + 3H_2O$$

**১৮-৬১। আর্সেনিক হাইড্রাইড, $As_2H_2$।** আর্সেনিকের অপর একটি হাইড্রাইডও আছে, উহার সংকেত $As_2H_2$। ইহা অনিয়তাকার বাদামী রংয়ের কঠিন পদার্থ। আর্সেনিয়াম ক্লোরাইডকে স্ট্যানাস ক্লোরাইডের ইথারীয় দ্রবণ দ্বারা বিজারিত করিলে ইহা পাওয়া যায়।



$$2AsCl_3 + 4SnCl_2 + 2HCl = As_2H_2 + 4SnCl_4$$

ইহা অস্থায়ী যৌগ। গরম জলে ইহা অতি সহজে আদ্র´-বিশ্লেষিত হয়।



$$As_2H_2 + 6H_2O = 2H_3AsO_3 + 4H_2$$

### আর্সেনিক হ্যালাইড

চারিটি হ্যালোজেনই আর্সেনিকের সঙ্গে মিলিত হইয়া ত্রিযোজী যৌগ, $AsX_3$, গঠন করে। তদুপরি ফ্লুরিন হইতে $AsF_5$ এবং আয়োডিন হইতে, $As_2I_4$-ও আছে। হ্যালোজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগে সব হ্যালাইড পাওয়া সম্ভব, তবে বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিশেষ বিক্রিয়া-দ্বারা উহাদের প্রস্তুত করা হয়। সব আর্সেনিক হ্যালাইডই সমযোজী যৌগ।

**১৮-৬২। আর্সেনিক ট্রাইফ্লুরাইড, $AsF_3$।** আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড এবং গাঢ় $H_2SO_4$ সহ একটি সীসার পাত্রে উত্তপ্ত করিলে, আর্সেনিক ট্রাইফ্লুরাইড পাতিত হইয়া আসে।



$$As_2O_3 + 6HF = 2AsF_3 + 3H_2O$$

এই ট্রাই-ফ্লুরাইডকে যদি অ্যান্টিমনি পেন্টাফ্লুরাইড এবং অতিরিক্ত ব্রোমিন সহ পাতন করা হয়, তবে আর্সেনিক পেন্টাফ্লুরাইডে পাতিত হইয়া আসিয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। গ্রাহকটিকে তরল বায়ুতে নিমজ্জিত রাখা প্রয়োজন।



$$AsF_3 + 2SbF_5 + Br_2 = AsF_5 + 2SbBrF_4$$

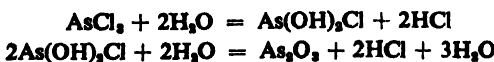
**১৮-৬৩। আর্সেনিক ট্রাইক্লোরাইড, $AsCl_3$।** আর্সেনিক এবং ক্লোরিনের সাক্ষাৎ সংযোগে ইহা প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু সচরাচর ক্লোরিন গ্যাসে আর্সেনিয়াস অক্সাইড এবং সালফার ক্লোরাইডের মিশ্রণকে পাতিত করিয়া বর্ণহীন তরল আর্সেনিক ক্লোরাইড পাওয়া যায় (গলনাঙ্ক, $-18°C$)।

$$4As_2O_3 + 3S_2Cl_2 + 9Cl_2 = 8AsCl_3 + 6SO_2$$

এই ধূমায়মান বিষাক্ত তরল পদার্থটি জলে সহজেই আদ্র´-বিশ্লেষিত হয়।



$$AsCl_3 + 2H_2O = As(OH)_2Cl + 2HCl$$



$$2As(OH)_2Cl + 2H_2O = As_2O_3 + 2HCl + 3H_2O$$

কার্বন-ডাই-সালফাইড দ্রাবকে ব্রোমিন কিংবা আয়োডিন লইয়া যদি আর্সেনিকের সঙ্গে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে যথাক্রমে **আর্সেনিক ব্রোমাইড** ($AsBr_3$) ও **আর্সেনিক আয়োডাইড** ($AsI_3$) উৎপন্ন হয়। ইহারা ট্রাই-ক্লোরাইডের মত অত সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। ট্রাইব্রোমাইড বর্ণহীন স্ফটিকাকার (গলনাঙ্ক, 31.2°C), আর ট্রাই-আয়োডাইড গাঢ় লাল স্ফটিকাকার (গলনাঙ্ক, 146°C)।

একটি নলের মধ্যে আয়োডিন এবং আর্সেনিক সীল করিয়া লইয়া 250°C-এ উত্তপ্ত করিলে লাল বর্ণের কঠিনাকার ডাই-আয়োডাইড, $As_2I_4$ পাওয়া যায়। উহা জলের দ্বারা বিভাজিত হইয়া পড়ে ;



$$3AsI_4 = 4AsI_3 + 2As$$

### আর্সেনিকের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড

আর্সেনিকের দুইটি অক্সাইড এবং দুইটি অক্সি-অ্যাসিড আছে।

অক্সাইড : (১) আর্সেনিয়াস অক্সাইড, $As_2O_3$; (২) আর্সেনিক অক্সাইড, $As_2O_5$

অক্সি অ্যাসিড: (১) আর্সেনিয়াস অ্যাসিড, $H_3AsO_3$; (২) অ্যার্সেনিক অ্যাসিড, $H_3AsO_4$

**১৮-৬৪। আর্সেনিয়াস অক্সাইড, $As_2O_3$।** ইহার সাধারণে প্রচলিত নাম, শ্বেত আর্সেনিক (white Arsenic)। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অন্যান্য ধাতু প্রস্তুতিকালে খনিজকে তাপজারণ করার সময় উদ্বায়ী আর্সেনিয়াস অক্সাইড প্রথমেই ঊর্ধপাতিত হয়। সেখান হইতেই আর্সেনিয়াস অক্সাইড পৃথক করিয়া লওয়া হয়। আর্সেনিকের খনিজ যেমন, আর্সেনিক্যাল পাইরাইটিস, FeAsS অথবা কোবাল্টাইট, CoAsS প্রভৃতির তাপজারণের দ্বারা ইহা সচরাচর প্রস্তুত করা হয়।



$$2FeAsS + 5O_2 = Fe_2O_3 + As_2O_3 + 2SO_2;$$



$$4CoAsS + 9O_2 = 4CoO + 4SO_2 + 2As_2O_3$$

**ধর্ম।** তিন রকমের আর্সেনিয়াস অক্সাইড দেখা যায় ; (১) অনিয়তাকার, (২) অক্টাহেড্রাল এবং (৩) মনোক্লিনিক। ইহাদের মধ্যে অক্টাহেড্রাল আর্সেনিয়াস অক্সাইডই স্থায়ী এবং উহাই সর্বদা ব্যবহার করা হয়।

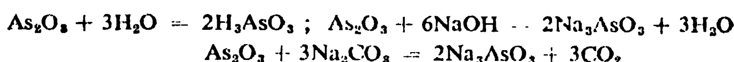
যে উষ্ণতায় আর্সেনিয়াস অক্সাইডের ঊর্ধ্বপাতন আরম্ভ হয়, প্রায় সেই উষ্ণতায় লইয়া উহার বাষ্পকে ঘনীভূত করিলে কাচের মত সান্দ্র বর্ণহীন অনিয়তাকার $As_2O_3$ পাওয়া যায় (ঘনত্ব 3.73)। আর্দ্র বাতাসের সংস্পর্শে উহা ধীরে ধীরে অক্টাহেড্রাল পদার্থে পরিণত হয়।

এই অনিয়তাকার আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে সোডিয়াম আর্সেনাইটের ফুটন্ত সম্পৃক্ত দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে মনোক্লিনিক $As_2O_3$ স্ফটিকাকারে পাওয়া যায় (ঘনত্ব, 4.0)। ইহাও 250°C-এ ধীরে ধীরে অক্টাহেড্রাল যৌগে পরিণত হয়।

জল বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে কেলাসিত করিয়া অক্টাহেড্রাল $As_2O_3$ উৎপন্ন করা হয় (ঘনত্ব, 3.69)। ইহা 250°C-এ গলে, কিন্তু তাহার পূর্বেই 125~130°C তাপমাত্রাতেই ঊর্ধপাতিত হইতে আরম্ভ করে। জলে ইহার দ্রাব্যতা অপেক্ষাকৃত কম।

যদিও আর্সেনিয়াস্ অক্সাইডের সংকেত ধরা হয়, $As_2O_3$, কিন্তু বাষ্প-ঘনত্ব হইতে এবং নাইট্রোবেনজিন দ্রবণের হিমাঙ্কের অবনমন হইতে ইহার আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করিয়া ইহার সংকেত দ্বিগুণ, অর্থাৎ $As_4O_6$, দেখা গিয়াছে।

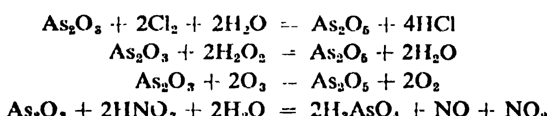
জলে ইহা সামান্য দ্রব হয় এবং আর্সেনিয়াস অ্যাসিড দেয়। ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটের সঙ্গে আর্সেনাইট লবণ পাওয়া যায়।



$$As_2O_3 + 3H_2O = 2H_3AsO_3 \; ; \; As_2O_3 + 6NaOH = 2Na_3AsO_3 + 3H_2O$$
$$As_2O_3 + 3Na_2CO_3 = 2Na_3AsO_3 + 3CO_2$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও ইহা দ্রবিত হইয়া আর্সেনিক ক্লোরাইড দেয়। ইহাতে ইহার ক্ষারকীয় ধর্মেরও প্রকাশ পায়।

আর্সেনিয়াস অক্সাইড বিভিন্ন জারক পদার্থ দ্বারা সহজেই আর্সেনিক অক্সাইড বা আর্সেনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা:



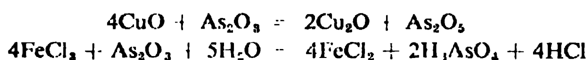
$$As_2O_3 + 2Cl_2 + 2H_2O = As_2O_5 + 4HCl$$
$$As_2O_3 + 2H_2O_2 = As_2O_5 + 2H_2O$$
$$As_2O_3 + 2O_3 = As_2O_5 + 2O_2$$
$$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = 2H_3AsO_4 + NO + NO_2$$

উৎপন্ন $As_2O_5$ আবার জলে দ্রব হইয়া আর্সেনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



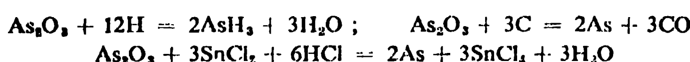
$$As_2O_5 + 3H_2O = 2H_3AsO_4$$

বিজারকরূপে আর্সেনিয়াস অক্সাইড ফেলিং-দ্রবণ বা ফেরিক ক্লোরাইডকে বিজারিত করে।



$$4CuO + As_2O_3 = 2Cu_2O + As_2O_5$$
$$4FeCl_3 + As_2O_3 + 5H_2O = 4FeCl_2 + 2H_3AsO_4 + 4HCl$$

জায়মান হাইড্রোজেন, কার্বন প্রভৃতি বিজারকদ্বারা $As_2O_3$ বিজারিত হইয়া যায়।



$$As_2O_3 + 12H = 2AsH_3 + 3H_2O \; ; \quad As_2O_3 + 3C = 2As + 3CO$$
$$As_2O_3 + 3SnCl_2 + 6HCl = 2As + 3SnCl_4 + 3H_2O$$

ফুটন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে $As_2O_3$ লইয়া উহাতে কপারের ছিলা দিলে বিজারণের ফলে আর্সেনিক পাওয়া যায়।



$$As_2O_3 + 6Cu + 6HCl = 2As + 6CuCl + 3H_2O$$

**ব্যবহার।** কোন কোন বিশেষ ঔষধ প্রস্তুতিতে, এনামেল প্রস্তুতিতে, কোন কোন কাচ তৈয়ারীর সময় ইহা ব্যবহৃত হয়। ইঁদুর ও অবাঞ্ছিত উদ্ভিদ নষ্ট করার জন্য বিষ হিসাবেও ইহা প্রয়োগ করা হয়।

**আর্সেনিয়াস অ্যাসিড, $H_3AsO_3$।** আর্সেনিয়াস অক্সাইড জলে দ্রব হইলে আর্সেনিয়াস অ্যাসিড দ্রবণ হয়। উহা বিশুদ্ধ কঠিন অবস্থায় পৃথক করা যায় না; জলীয় দ্রবণেই থাকে। খুব সম্ভবতঃ ঐ দ্রবণে উহা মেটা-অ্যাসিডরূপে ($HAsO_2$) থাকে। কিন্তু এই অ্যাসিডের লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় কঠিনাকারে পাওয়া যায়, যথা, $Na_3AsO_3$।

**সোডিয়াম আর্সেনাইট, $Na_3AsO_3$।** আর্সেনিয়াস অক্সাইডকে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে দ্রব করিয়া ইহা তৈয়ারী হয়। সাদা স্ফটিকাকারে ইহা কেলাসিত হয়। লবণটি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

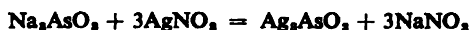
আয়োডিন দ্বারা সোডিয়াম আর্সেনাইট জারিত হইয়া আর্সেনেটে পরিণত হয়। কোন আয়োডিন দ্রবণের পরিমাণ বা শক্তি-মাত্রা নির্ণয় করিতে এই বিক্রিয়া প্রয়োগ করা হয়।



$$Na_3AsO_3 + I_2 + H_2O = Na_3AsO_4 + 2HI$$

বিক্রিয়াটি যাহাতে সম্পূর্ণ হয় সেই জন্য অতিরিক্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট মিশাইয়া লওয়া হয়।

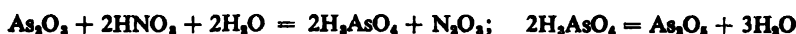
সোডিয়াম আর্সেনাইট সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে পীতবর্ণের অধঃক্ষেপ দেয়ঃ



$$Na_3AsO_3 + 3AgNO_3 = Ag_3AsO_3 + 3NaNO_3$$

কপার সালফেটের সঙ্গে সবুজ বর্ণের যে অধঃক্ষেপ দেয়, $CuHAsO_3$, সেই কপার আর্সেনাইটকে বাজারে 'শীলের সবুজ' (Scheele's green) বলা হয়। রং হিসাবে এবং কীট নাশকরূপে উহা ব্যবহার হয়। আর একটি উজ্জ্বল আর্সেনাইট, $CuAc_2$, $3Cu(AsO_2)_2$, 'প্যারিস গ্রীন' (Paris green) নামে রং হিসাবে খুব সমাদৃত।

১৮-৬৫। আর্সেনিক অক্সাইড, $As_2O_5$। আর্সেনিয়াস অ্যাসিডকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলে আর্সেনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উহাকে প্রায় 200°C—এ উত্তপ্ত করিলে আর্সেনিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$As_2O_3 + 2HNO_3 + 2H_2O = 2H_3AsO_4 + N_2O_3; \quad 2H_3AsO_4 = As_2O_5 + 3H_2O$$

ইহা একটি উদ্গ্রাহী স্ফটিকাকার পদার্থ। উচ্চতর উষ্ণতায় ইহার বিভাজন ঘটে;



$$As_2O_5 = As_2O_3 + O_2$$

আর্সেনিক অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া আর্সেনিক অ্যাসিড দেয় এবং ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে আর্সেনেট লবণ উৎপাদন করে। ইহার জারণক্ষমতা আছে, আয়োডাইড হইতে আয়োডিন নিষ্কাশিত করে (আম্লিক দ্রবণে)।



$$H_3AsO_4 + 2HI = H_3AsO_3 + I_2 + H_2O$$

আর্সেনিক অ্যাসিড, $H_3AsO_4$। ইহা কি ভাবে প্রস্তুত হয় তাহা ইতিপূর্বেই বলা হইয়াছে। ইহা $2H_3AsO_4$, $H_2O$ রূপে কেলাসিত হয়। এই উদ্গ্রাহী পদার্থ জলে বেশ দ্রবণীয়। ফসফরিক অ্যাসিডের মতই ইহা ত্রিক্ষারীয় অম্ল এবং প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী ও টারসিয়ারী লবণ দিয়া থাকে; $NaH_2AsO_4$, $Na_2HAsO_4$ এবং $Na_3AsO_4$। আর্সেনিক অ্যাসিডের দ্রবণকে একটি খোলা ডিসে যদি 170～180°C-এ রাখিয়া দেওয়া হয়, তবে উহা হইতে অস্থায়ী পাইরো-আর্সেনিক অ্যাসিড $H_4As_2O_7$ কেলাসিত হয়। মেটা-আর্সেনিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না। কিন্তু উহাদের উভয়েরই লবণ কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। অর্থো-আর্সেনিক অ্যাসিড অর্থাৎ আর্সেনিক অ্যাসিডের লবণ তাপিত করিয়া পাইরো এবং মেটা-আর্সেনেট প্রস্তুত হয়।



$$2Na_2HAsO_4 = Na_4As_2O_7 + H_2O \quad ; \quad NaH_2AsO_4 = NaAsO_3 + H_2O$$

আর্সেনেট লবণের রাসায়নিক বিক্রিয়া ফসফেটের অনুরূপ। অ্যামোনিয়াম মলিবডেটের ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে আর্সেনেট ফুটাইলে হলুদ অ্যামোনো-আর্সেনো-মলিবডেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। (ফসফেট দ্রষ্টব্য)। ম্যাগনেসিয়া মিক্শ্চার ও আর্সেনেট

হইতে সাদা ম্যাগনেসিয়াম-অ্যামোনিয়াম-আর্সেনেট অধঃক্ষেপ পড়ে, উহাকে তাপিত করিলে ম্যাগনেসিয়াম-পাইরো-আর্সেনেট পাওয়া যায়।

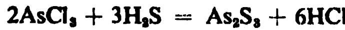


$$2MgNH_4AsO_4 \rightarrow Mg_2As_2O_7 + H_2O + 2NH_3$$

সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে আর্সেনেট হাল্‌কা চকোলেট রংয়ের অধঃক্ষেপ দেয়।

**১৮-৬৬। আর্সেনিক সালফাইড।** আর্সেনিকের তিনটি সালফাইড হয়: (১) **আর্সেনিক ডাই-সালফাইড,** $As_2S_2$। প্রকৃতিতে রিয়ালগার রূপে ইহা পাওয়া যায়। অতিরিক্ত আর্সেনিক ও সালফার চূর্ণের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে এই সালফাইড উর্ধ্বপাতিত হইয়া আসে।

(২) **আর্সেনিক ট্রাইসালফাইড,** $As_2S_3$। আর্সেনিক অক্সাইডকে গাঢ় হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে লইয়া $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে হলুদ রংয়ের আর্সেনিক ট্রাইসালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2AsCl_3 + 3H_2S = As_2S_3 + 6HCl$$

আর্সেনিক অক্সাইড এবং সালফার চূর্ণ একত্র মিশাইয়া উচ্চতাপে রাখিলে $As_2S_3$ উর্ধ্বপাতিত হইয়া আসে। 'King's yellow' নামে মূল্যবান রং হিসাবে উহা ব্যবহৃত হয়।



$$2As_2O_3 + 9S = 2As_2S_3 + 3SO_2$$

ইহা জল বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য। কিন্তু কস্টিক ক্ষার, কিংবা অ্যামোনিয়া বা ক্ষারধাতুর সালফাইডে ইহা দ্রবিত হয়। ইহাতে থায়ো-আর্সেনাইট উৎপন্ন হয়।



$$As_2S_3 + 6NaOH = Na_3AsO_3 + Na_3AsS_3 + 3H_2O$$



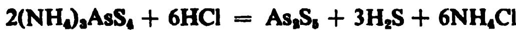
$$As_2S_3 + 3Na_2S = 2Na_3AsS_3$$

হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডেও ইহা দ্রব হয় এবং থায়ো-আর্সেনেটে পরিণত হয়:



$$As_2S_3 + 3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3AsS_4 + S$$

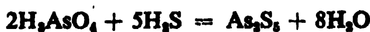
এই থায়ো-আর্সেনেটের দ্রবণে HCl-দিলে উহা হইতে আর্সেনিক পেণ্টাসালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়:



$$2(NH_4)_3AsS_4 + 6HCl = As_2S_5 + 3H_2S + 6NH_4Cl$$

কীটনাশকরূপে, বাজী প্রস্তুত করার উপাদান রূপে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে রং হিসাবে আর্সেনিক ট্রাই-সালফাইড ব্যবহার করা হয়।

(৩) **আর্সেনিক পেণ্টাসালফাইড,** $As_2S_5$। আর্সেনিক পেণ্টাসালফাইডের প্রস্তুতির একটি উপায় উপরেই উল্লিখিত হইয়াছে। কোন আর্সেনেটের গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে উত্তপ্ত অবস্থায় $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে $As_2S_5$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$2H_3AsO_4 + 5H_2S = As_2S_5 + 8H_2O$$

পেণ্টাসালফাইড ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে থায়ো-আর্সেনেট এবং আর্সেনেট দেয়:



$$As_2S_5 + 6NaOH = Na_3AsO_4 + Na_3AsS_4 + H_2S + 2H_2O$$

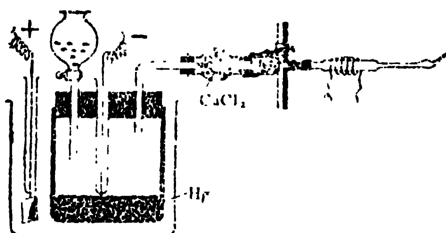
ক্ষারধাতুর সালফাইডের সঙ্গে উহার বিক্রিয়াতেও থায়ো-আর্সেনেট পাওয়া যায়:



$$As_2S_5 + 3Na_2S = 2Na_3AsS_4$$

**১৮-৬৭। আর্সেনিক যৌগের পরীক্ষা।** আর্সেনিক যৌগগুলির, বিশেষতঃ যেগুলি দ্রাব্য, তীব্র বিষক্রিয়া আছে। সেই জন্য কোন বস্তুতে সামান্য আর্সেনিকও আছে কিনা পরীক্ষা করা প্রয়োজন। বিভিন্ন পরীক্ষা এই জন্য করা হয়, উহাদের মধ্যে 'মার্শের পরীক্ষা' (Marsh's test) সর্বোত্তম।

(১) **'মার্শের পরীক্ষা'।** এই পরীক্ষার জন্য একটি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাসের উৎস প্রয়োজন। আজকাল তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা এই হাইড্রোজেন তৈয়ারী করা হয়। হাইড্রোজেনের জন্য চিত্র ১৮-ঙ-এর অনুরূপ একটি যান্ত্রিক ব্যবস্থা করা হয়। একটি সরন্ধ্র পাত্রে বিশুদ্ধ মারকারির ক্যাথোড থাকে। এই পাত্রটি আর একটি বড় কাচের পাত্রের মধ্যে রাখা হয়। বাহিরের পাত্রটিতে Pt-অ্যানোড থাকে। উভয় ইলেকট্রোডই লঘু $H_2SO_4$-এ নিমজ্জিত থাকে। একটি বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে ভিতরের পাত্রটির মধ্যে পরীক্ষণীয় বস্তুটির দ্রবণ দেওয়ার ব্যবস্থা রাখা হয়। তড়িৎ-প্রবাহ দিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎসারিত হইয়া আসে এবং বিশুষ্ক অনাদ্র $CaCl_2$-এর উপর দিয়া পরিচালিত হয়। এই হাইড্রোজেন তারপর একটা অপেক্ষাকৃত সরু নলে প্রবেশ করে। এই নলটির কিয়দংশ তড়িৎ-কুণ্ডলী বা বুনসেন শিখা দ্বারা উত্তপ্ত রাখা হয়। এখন ফানেল সাহায্যে তড়িৎ সেলের ক্যাথোডপ্রকোষ্ঠে পদার্থটি দেওয়া হয়। যদি আর্সেনিক যৌগ থাকে তবে উহা বিজারিত হইয়া আর্সাইন গ্যাসরূপে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বাহির হইয়া আসিবে। সরু নলের উত্তপ্ত স্থানে আসিলে উহার বিভাজন হয় এবং উৎপন্ন আর্সেনিক মৌলটি একটু দূরেই গিয়া নলের শীতল অংশে পরিন্যস্ত হয়। সেখানে একটি সূক্ষ্ম কালো পাতলা দর্পণের মত স্তর জমে। এই কালো দর্পণই আর্সেনিকের নির্দেশ করে।




চিত্র ১৮-ঙ: মার্শের আর্সেনিক পরীক্ষা

এই কালো আর্সেনিক টারটারিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য এবং অ্যামোনিয়াম সালফাইডে রাখিয়া আবার অনাদ্র করিলে উহা হলুদ রং ($As_2S_3$) ধারণ করে। অ্যান্টিমনি যৌগ লইয়া এইরূপ পরীক্ষা করিলেও কালো দর্পণ পাওয়া যায় বটে, কিন্তু সেই কালো অ্যান্টিমনির এই সব রাসায়নিক বিক্রিয়া বিভিন্ন রকমের।

(২) **ফ্লিটম্যান পরীক্ষা (Fleitmann's test)।** বিচূর্ণ অ্যালুমিনিয়াম এবং গাঢ় KOH দ্রবণ হইতে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন আর্সেনাইট যৌগকে বিজারিত করিয়া আর্সাইন গ্যাসে পরিণত করে। সুতরাং (Al + KOH) একটি পাত্রে লইয়া উহাতে আর্সেনিয়াস যৌগ দিলে হাইড্রোজেনের সঙ্গে আর্সাইনও আসে। এই গ্যাসে একটি সিলভার নাইট্রেট-সিক্ত ফিল্টার কাগজ ধরিলে উহাতে কালো দাগ পড়ে। ইহাই আর্সেনিকের নির্দেশ করে। অ্যান্টিমনি যৌগ বা আর্সেনেট যৌগের ঐরূপ বিক্রিয়া হয় না।

(৩) **গুজিট-পরীক্ষা (Gutzeit's test)।** উপরোক্ত উপায়ে উৎপন্ন আর্সাইন গ্যাসের

প্রবাহে $HgCl_2$-দ্রবণ সিক্ত ফিল্টার কাগজ ধরিলে উহাতে $Hg_3As_2$ গঠিত হওয়ার ফলে উহার রং কালো হইয়া যায়।

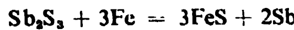
আর্সেনিকের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে, উহার দ্রবণে অতিরিক্ত ম্যাগনেসিয়া মিক্‌শ্চার বিকারক দেওয়া হয়। তখন সম্পূর্ণ আর্সেনিকটুকু $NH_4MgAsO_4, 6H_2O$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া ধৌত করিয়া উত্তপ্ত করিলে এবং দাহ করিলে ম্যাগনেসিয়াম পাইরো-আর্সেনেট, $Mg_2As_2O_7$, পাওয়া যায়। ইহার ওজন হইতে আর্সেনিকের পরিমাণ জানা যায়।

## অ্যান্টিমনি

চিহ্ন Sb, ক্রমাঙ্ক 51, পাঃ গুরুত্ব 121.76, ইলেকট্রন-বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^3$

অ্যান্টিমনি প্রকৃতিতে সাধারণতঃ সালফাইড খনিজরূপে থাকে। উহার প্রধান আকরিক স্টিবনাইট (stibnite) $Sb_2S_3$; চীনদেশেই ইহা বেশী পাওয়া যায়। পেরু, মেক্সিকো, যুগোস্লোভিয়া প্রভৃতি দেশেও অল্পবিস্তর পাওয়া যায়। উহার অন্যান্য খনিজ; পাইরার-জিরাইট, $Ag_3SbS_3$; স্টেফানাইট, $5Ag_2S, Sb_2S_3$ ইত্যাদি।

১৮-৬৮। অ্যান্টিমনি প্রস্তুতি। (১) স্টিবনাইট হইতে এই মৌলটি প্রস্তুত করা হয়। যে সকল খনিজে অ্যান্টিমনির পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অধিক, উহাদের একটি চুল্লীর ঢালু মেঝেতে রাখিয়া ধীরে ধীরে তাপিত করা হয়। অ্যান্টিমনি সালফাইড প্রথমে গলিতে আরম্ভ করে এবং উহা অন্যান্য সিলিকা জাতীয় অপদ্রব্য রাখিয়া তরলাকারে ঢালু মেঝে গড়াইয়া নীচের দিকে আসিয়া পৃথক সঞ্চিত হয়। এই সালফাইডের সঙ্গে লৌহচূর্ণ মিশাইয়া সীসার মুচিতে গলান হয়। একটু সোডিয়াম ক্লোরাইড বিগালক হিসাবে দেওয়া হয়।



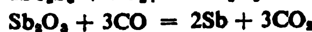
$$Sb_2S_3 + 3Fe = 3FeS + 2Sb$$

গলিত অ্যান্টিমনি ধাতুমলের নীচে সঞ্চিত হয়। ইহাতে প্রায় শতকরা 90% অ্যান্টি-মনি থাকে। ইহাকে পুনরায় একটু অ্যান্টিমনি সালফাইড ও পটাস-কার্বনেট সহ গালাইলে প্রায় সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়।

(২) যে সকল স্টিবনাইট খনিজে অ্যান্টিমনির পরিমাণ কম, উহাদের প্রথমে বায়ু-প্রবাহে একটি চুল্লীতে তাপজারিত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা হয় (400°C)। উৎপন্ন অক্সাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া চুল্লীর শেষে আসিয়া ঘনীভূত হয়। সেখান হইতে এই অক্সাইড সংগ্রহ করিয়া কাঠকয়লার চূর্ণের সঙ্গে মিশাইয়া মুচিতে বা পরাবর্ত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে গলিত ধাতু পাওয়া যায়। বিগলনে একটু সোডিয়াম কার্বনেট ও সালফেট বিগালক হিসাবে দেওয়া হয়।

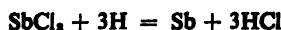


$$2Sb_2S_3 + 9O_2 = 2Sb_2O_3 + 6SO_2$$



$$Sb_2O_3 + 3CO = 2Sb + 3CO_2$$

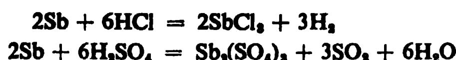
অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইডের জায়মান হাইড্রোজেন (Zn + HCl) দ্বারা বিজারণে কালো অ্যান্টিমনি পাওয়া যায়;



$$SbCl_3 + 3H = Sb + 3HCl$$

**ধর্ম।** অ্যান্টিমনি একটি সাদা উজ্জ্বল ধাতু (ঘনত্ব, 6.71, গলনাঙ্ক, 631°C)। ইহা ভঙ্গুর এবং ইহার তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতা খুবই কম।

রাসায়নিক বিচারে অ্যান্টিমনিতে ধাতব এবং অধাতব দুই রকম প্রকৃতিই দেখা যায়, যদিও প্রধানতঃ উহাকে ধাতু বলিয়াই গণ্য করা হয়। সাধারণ উষ্ণতায় উহা বাতাস, জল, বা লঘু অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না। গাঢ় অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপন্ন হয় এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে উহা জারিত হইয়া পেন্টোক্সাইড ($Sb_2O_5$) দেয়।



$$2Sb + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2$$
$$2Sb + 6H_2SO_4 = Sb_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

উচ্চ-উষ্ণতায় বাতাসে তাপিত করিলে, অ্যান্টিমনি উহার ট্রাই-অক্সাইড এবং টেট্রো-ক্সাইডে পরিণত হয়। লোহিত তাপে অ্যান্টিমনি জলীয় বাষ্পের বিযোজন ঘটায়।



$$2Sb + 3H_2O = Sb_2O_3 + 3H_2$$

হ্যালোজেনের সংস্পর্শে, বিশেষতঃ $Cl_2$ এবং $Br_2$-এর সঙ্গে, উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং পেন্টাক্লোরাইড ও ব্রোমাইড দেয়। সালফারের সঙ্গেও উহা তাপিত করিলে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয় এবং সালফাইড উৎপন্ন হয়।

**বহুরূপতা।** সাধারণ অবস্থায় সর্বদা যে অ্যান্টিমনি ব্যবহৃত হয় উহা $\gamma$-অ্যান্টিমনি বা ধাতব অ্যান্টিমনি। ইহা স্থায়ী কেলাসিত অবস্থায় থাকে। ইহা ছাড়াও, আরও তিন প্রকারের অস্থায়ী অ্যান্টিমনি পাওয়া যায়।

(ক) **$\alpha$-অথবা পীত অ্যান্টিমনি।** −90°C উষ্ণতায় তরল অ্যান্টিমনি হাইড্রাইডকে ওজোনযুক্ত অক্সিজেন দ্বারা জারিত করার ফলে এই $\alpha$-অ্যান্টিমনি উৎপন্ন হয়। উহা $CS_2$-এ দ্রবণীয় এবং অতি সহজেই $\beta$-অ্যান্টিমনিতে রূপান্তরিত হয়।

(খ) **$\beta$-অথবা কালো অ্যান্টিমনি।** −50° ~ −60°C উষ্ণতায় অ্যান্টিমনি হাইড্রাইডের অক্সিজেন দ্বারা জারণের ফলে কালো $\beta$-অ্যান্টিমনি অনিয়তাকার অবস্থায় পাওয়া যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা সাধারণ ধাতব অ্যান্টিমনিতে পরিণত হয়। কালো অ্যান্টি-মনি বাতাসের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে।

(গ) **অনিয়তাকার বিস্ফোরক অ্যান্টিমনি।** অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইডের হাইড্রো-ক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে এই অ্যান্টিমনি ক্যাথোডে পাওয়া যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে Pt-ক্যাথোড এবং Sb-অ্যানোড ব্যবহার করিতে হইবে। ক্যাথোডের উপরে ধূসর বর্ণের অ্যান্টিমনি পরিন্যস্ত হয়। এই অ্যান্টিমনিকে একটু চাপ দিলে বা সামান্য ঘষা দিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং উহা সাধারণ অ্যান্টিমনিতে পরিণত হয়। 200°C-তাপমাত্রাতে নিলে উহাতে আপনা হইতেই বিস্ফোরণ হয়।

**ব্যবহার।** সোজাসুজি অ্যান্টিমনি ধাতুর ব্যবহার বিশেষ নাই। কোন কোন অ্যান্টি-মনি যৌগ তৈয়ারী করার জন্য অবশ্য ইহা প্রয়োজন, যেমন, টারটার এমেটিক, অ্যান্টিমনি

ক্লোরাইড, ইত্যাদি। অধিকাংশ অ্যান্টিমনিই অপেক্ষাকৃত নরম ধাতুর (যথা, লেড, টিন প্রভৃতির) কঠোরতা বৃদ্ধির জন্য সংকর ধাতু প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়। কয়েকটির নাম এখানে উল্লেখ করা হইল।

| | সংকর | উপাদান (%) | ব্যবহার |
|---|---|---|---|
| 1. | টাইপমেটাল | $Pb = 60, Sn = 30, Sb = 10$ | ছাপার টাইপের জন্য |
| 2. | ব্রিটানিয়া মেটাল | $Sn = 94, Cu = 1, Sb = 5$ | সস্তা চামচ, প্লেট, ইত্যাদি |
| 3. | পয়টার | $Sn = 90, Sb = 8, Cu = 2$ | ফুলদানি ও অন্যান্য ধাতব গৃহ সজ্জার দ্রব্য |
| 4. | হোয়াইট মেটাল | $Sn = 85, Cu = 2, Sb = 10, Zn = 3$ | যন্ত্রপাতির বল। |

ক্ষারধাতু ও ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতির সঙ্গে মিলিত হইয়া উহা অনেক সময় ধাতব যৌগ উৎপাদন করে, যেমন $Na_3Sb$, $Mg_3Sb_2$ ইত্যাদি।

## অ্যান্টিমনির যৌগ

অ্যান্টিমনির যোজ্যতা তিন এবং পাঁচ উভয়ই দেখা যায়। সুতরাং উহা দুই শ্রেণীর যৌগ উৎপাদন করে; (১) $SbCl_3$. $Sb_2S_3$, . . . এবং (২) $Sb_2O_5$, $SbCl_5$, . . . । উহার অক্সি-লবণ বিশেষ পাওয়া যায় না, একমাত্র $Sb_2(SO_4)_3$ প্রস্তুত করা সম্ভব।

**১৮-৬৯। অ্যান্টিমনি হাইড্রাইড বা স্টিবাইন, $SbH_3$।** অ্যান্টিমনি-যৌগের উপর জায়মান হাইড্রোজেনের ক্রিয়ার ফলে অথবা ম্যাগনেসিয়াম অ্যান্টিমনাইডের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে স্টিবাইন গ্যাস উৎপন্ন হয়;



$$SbCl_3 + 6H = SbH_3 + 3HCl ; \quad Mg_3Sb_2 + 6HCl = 2SbH_3 + 3MgCl_2$$

স্টিবাইন একটি বিষাক্ত, বর্ণহীন, দুর্গন্ধযুক্ত প্রশম গ্যাস। জলে সামান্য দ্রাব্য। গ্যাসটি অস্থায়ী এবং সামান্য তাপেই উহার উপাদানে বিযোজিত হইয়া যায়। একটি নলে এই গ্যাস প্রবাহিত করিয়া কোন এক স্থানে উত্তপ্ত করিলে, উত্তপ্ত স্থানের উভয় পার্শ্বেই অদূরে কালো অ্যান্টিমনি দর্পণের পরিন্যাস পাওয়া যায় (আর্সাইন দ্রষ্টব্য)। এই কালো অ্যান্টিমনিকে হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডে ধৌত করিলে কমলা রং ধারণ করে ($Sb_2S_3$)।

স্টিবাইনের বিজারণগুণ আছে, উহা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে বিজারিত করে:



$$SbH_3 + 3AgNO_3 = Ag_3Sb + 3HNO_3$$

**১৮-৭০। অ্যান্টিমনি হ্যালাইড।** হ্যালোজেনের সঙ্গে উহার মোট ছয়টি যৌগ আছে। ব্রোমিন ও আয়োডিনের সঙ্গে উহার পঞ্চযোজী যৌগ হয় না।

(1) $SbF_3$, $SbCl_3$, $SbBr_3$, $SbI_3$

(2) $SbF_5$, $SbCl_5$

হ্যালাইডগুলি সব সমযোজী যৌগ। সাধারণ উষ্ণতায় পঞ্চযোজী হ্যালাইড দুইটি তরল, অপর ত্রিযোজী হ্যালাইডগুলি কঠিনাকার। উহারা অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী এবং সহজেই আদ্র´-বিশ্লেষিত হয়।

অ্যান্টিমনি ট্রাইফ্লুরাইড, $SbF_3$। অ্যান্টিমনি ট্রাই-অক্সাইডকে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া উহাকে ধীরে ধীরে উদ্বায়িত করিলে অ্যান্টিমনি ট্রাইফ্লুরাইড পাওয়া যায়। ক্ষারধাতুর ফ্লুরাইডের সঙ্গে উহার জটিল-ফ্লুরাইড উৎপন্ন হয়, যথা, পটাসিয়াম ফ্লুরো-অ্যান্টিমনাইট, $K_2SbF_5$।

অ্যান্টিমনি পেণ্টাফ্লুরাইড, $SbF_5$। অ্যান্টিমনি পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে অনাদ্র´ HF-এর বিক্রিয়াতে অ্যান্টিমনি পেণ্টাফ্লুরাইড একটি তেলের মত তরল পদার্থরূপে পাওয়া যায়। ইহাও ক্ষারধাতুর ফ্লুরাইডের সঙ্গে জটিল ফ্লুরাইড উৎপন্ন করে, $KSbF_6$।

**১৮-৭১। অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড $SbCl_3$।** অ্যান্টিমনি এবং মারকিউরিক ক্লোরাইডের মিশ্রণকে পাতিত করিলে গ্রাহকে অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড পাওয়া যায়;



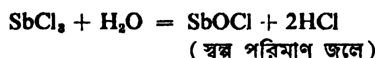
$$3HgCl_2 + 2Sb = 3Hg + 2SbCl_3$$

কিন্তু সচরাচর অ্যান্টিমনি সালফাইডকে গাঢ় উত্তপ্ত HCl-এ দ্রবিত করিয়া উহা তৈয়ারী করা হয়। দ্রবণটিকে পাতিত করিলে প্রথমে জল এবং HCl উড়িয়া যায়, তারপর অ্যান্টিমনি ট্রাইক্লোরাইড উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া গ্রাহকে স্ফটিকাকারে সঞ্চিত হয়।

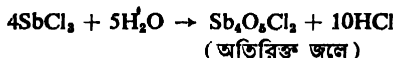


$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

উহার কেলাস উদ্‌গ্রাহী এবং উহাকে 'অ্যান্টিমনি-মাখন' (butter of antimony) বলা হয়। জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া উহা অক্সিক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং দুধের মত সাদা দেখায়।



$$SbCl_3 + H_2O = SbOCl + 2HCl$$
(স্বল্প পরিমাণ জলে)



$$4SbCl_3 + 5H_2O \rightarrow Sb_4O_5Cl_2 + 10HCl$$
(অতিরিক্ত জলে)

এই অক্সিক্লোরাইডকে বা অ্যান্টিমনি ক্লোরাইডকে $Na_2CO_3$ দ্রবণের সঙ্গে ফুটাইলে উহা অ্যান্টিমনি ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়:



$$2SbOCl + H_2O = Sb_2O_3 + 2HCl$$

**১৮-৭২। অ্যান্টিমনি পেণ্টাক্লোরাইড, $SbCl_5$।** অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাসের প্রবাহে অ্যান্টিমনিকে তাপিত করিলে এই পেণ্টাক্লোরাইড তৈয়ারী হয়।



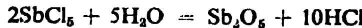
$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$$

হলুদ রংয়ের এই ধূমায়মান তরলটির একটা অপ্রিয় গন্ধ আছে (হিমাঙ্ক 3°C)। 150°C তাপমাত্রায় উহা ফুটিতে থাকে এবং আংশিক বিয়োজিত হইতে আরম্ভ করে।



$$SbCl_5 = SbCl_3 + Cl_2$$

গরম জলে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সোদক অ্যান্টিমনি পেন্টোক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2SbCl_5 + 5H_2O = Sb_2O_5 + 10HCl$$

জৈব রসায়নে ক্লোরিন-সমন্বিত যৌগ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার হয়।

অ্যান্টিমনি ব্রোমাইড, $SbBr_3$ এবং অ্যান্টিমনি আয়োডাইড, $SbI_3$ যৌগদ্বয় অ্যান্টিমনি এবং ঐ দুই হ্যালোজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।

**১৮-৭৩। অ্যান্টিমনি-অক্সাইডসমূহ।** অ্যান্টিমনির তিনটি অক্সাইড আছে ;



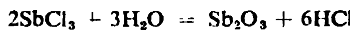
$$(1)\ Sb_2O_3 \quad (2)\ Sb_2O_4 \quad (3)\ Sb_2O_5$$

**(ক) অ্যান্টিমনি ট্রাইঅক্সাইড, $Sb_2O_3$।** বাতাসে অ্যান্টিমনিকে পোড়াইলে বা অ্যান্টিমনি সালফাইডকে [ স্টিবনাইট ] জারিত করিলে অ্যান্টিমনি ট্রাইঅক্সাইড তৈয়ারী হয়।



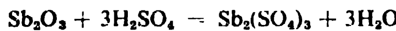
$$4Sb + 3O_2 = 2Sb_2O_3 ; \qquad 2Sb_2S_3 + 9O_2 = 2Sb_2O_3 + 6SO_2$$

কিন্তু সচরাচর অ্যান্টিমনি ক্লোরাইডকে অতিরিক্ত জলের সঙ্গে ফুটাইয়া আর্দ্র-বিশ্লেষণ করা হয়। সাদা কঠিনাকার অ্যান্টিমনি ট্রাইঅক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2SbCl_3 + 3H_2O = Sb_2O_3 + 6HCl$$

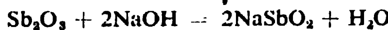
এই অক্সাইড জলে অদ্রাব্য, কিন্তু লঘু হাইড্রোক্লোরিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রব হয় এবং লবণ উৎপাদন করে ;



$$Sb_2O_3 + 3H_2SO_4 = Sb_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

পটাসিয়াম হাইড্রোজেন-টারটারেটের ফুটন্ত দ্রবণে এই অক্সাইড দ্রবীভূত হয় এবং পটাসিয়াম-অ্যান্টিমনিল-টারটারেট উৎপন্ন করে ; ইহার অপর এক নাম 'টারটার এমেটিক' (Tartar emetic)। উহা ঔষধরূপে খুব ব্যবহৃত হয়। ইহার সংকেত, $K[SbO]\ C_4H_4O_6$।

কস্টিক ক্ষারে $Sb_2O_3$ দ্রব হয় এবং মেটা-অ্যান্টিমনাইট লবণে পরিণত হয় :



$$Sb_2O_3 + 2NaOH = 2NaSbO_2 + H_2O$$

অ্যান্টিমনি ট্রাইঅক্সাইড কাচশিল্পে ও এনামেলে রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

**(খ) অ্যান্টিমনি টেট্রোক্সাইড, $Sb_2O_4$।** অ্যান্টিমনি ট্রাই-অক্সাইডকে প্রায় 900°C উষ্ণতায় বাতাসে উত্তপ্ত করিলে উহা টেট্রোক্সাইড যৌগে পরিণত হয়।



$$2Sb_2O_3 + O_2 = 2Sb_2O_4$$

ইহাও জলে অদ্রাব্য সাদা কঠিন পদার্থ। ক্ষারের সঙ্গে গলাইলে ইহা হাইপো-অ্যান্টিমনেট লবণে পরিণত হয়, যথা, $K_2Sb_2O_5$।

**(গ) অ্যান্টিমনি পেন্টোক্সাইড, $Sb_2O_5$।** ধাতব অ্যান্টিমনি বা অ্যান্টিমনি ট্রাইঅক্সাইডের উপর গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে ঈষৎ হলুদ রংয়ের কঠিনাকার অ্যান্টিমনি পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়।

উচ্চ তাপমাত্রায় (600°C) ইহা ভাঙিয়া যায় এবং টেট্রোক্সাইড ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।



$$2Sb_2O_5 = 2Sb_2O_4 + O_2$$

এই পেন্টোক্সাইড জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু ইহা অম্লধর্মী এবং ক্ষারের সঙ্গে গলাইলে অ্যান্টিমনেট লবণে পরিণত হয়।



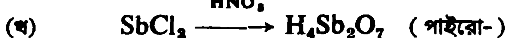
$$Sb_2O_5 + 2KOH = 2KSbO_3 + H_2O$$

অ্যান্টিমনিক অ্যাসিড। অর্থো-, পাইরো- এবং মেটা- অ্যান্টিমনিক অ্যাসিড (ফসফরিক অ্যাসিডের ন্যায়)—এই তিন রকম অক্সি-অ্যাসিডও পাওয়া যায়। উপরের পটাসিয়াম অ্যান্টিমনেট হইতে উহাদের তৈরী করা যায়।

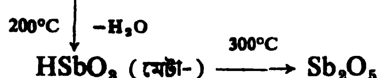


(ক) $Sb_2O_5 \xrightarrow{KOH} 2KSbO_3 \xrightarrow{HNO_3} H_3SbO_4$ (অর্থো-)

(খ) $SbCl_3 \xrightarrow{HNO_3} H_4Sb_2O_7$ (পাইরো-)



$\downarrow$ 200°C, $-H_2O$



$HSbO_3$ (মেটা-) $\xrightarrow{300°C} Sb_2O_5$

পটাসিয়াম পাইরো-অ্যান্টিমনেট দ্রবণ কোন সোডিয়াম লবণের দ্রবণে মিশাইলে অদ্রাব্য সোডিয়াম পাইরো-অ্যান্টিমনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। সেই জন্য সোডিয়াম লবণের সিক্ত পরীক্ষায় পটাসিয়াম পাইরো-অ্যান্টিমনেট বিকারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

**১৮-৭৪। অ্যান্টিমনি ট্রাই-সালফাইড, $Sb_2S_3$।** প্রকৃতিতে স্টিবনাইট খনিজরূপে ইহা পাওয়া যায়। অ্যান্টিমনি ও সালফার একত্র উত্তপ্ত করিলেও ইহা উৎপন্ন হয়। কিন্তু সাধারণতঃ অ্যান্টিমনি ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে সুন্দর কমলা রংয়ের অধঃক্ষেপরূপে ইহা পাওয়া যায়।



$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

কমলা রংয়ের বিচূর্ণ সালফাইডকে 200°C-এ উত্তপ্ত করিলে উহা কালো রূপভেদে পরিণত হয়।

এই কমলা রংয়ের অ্যান্টিমনি ট্রাই-সালফাইড জলে, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বা অ্যামোনিয়াম কার্বনেটে অদ্রাব্য। কিন্তু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবিত হয়।

কস্টিক ক্ষার দ্রবণে এবং হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইড দ্রবণে উহা দ্রব হয় এবং অ্যান্টিমনাইট ও থায়োঅ্যান্টিমনাইট লবণ দেয়।



$$Sb_2S_3 + 6KOH = K_3SbO_3 + K_3SbS_3 + 3H_2O$$
$$Sb_2S_3 + 3(NH_4)_2S_2 = 2(NH_4)_3SbS_4 + S$$

অ্যান্টিমনি ট্রাই-সালফাইড বাজী প্রস্তুতিতে, দিয়াশলাই প্রস্তুতিতে এবং কোন কোন ক্ষেত্রে রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রবারের ভালকানাইজেসনেও ইহা প্রয়োজন হয়।

**১৮-৭৫। অ্যান্টিমনি পেন্টাসালফাইড, $Sb_2S_5$।** শীতল অবস্থায় অ্যান্টিমনি পেন্টাক্লোরাইডকে অতিরিক্ত HCl-এ লইয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করিলে এই পেন্টা-সালফাইড পাওয়া যায়। রবার-শিল্পে ইহা ব্যবহার করা হয়।

ইহা ঈষৎ লাল রংয়ের পাউডার, জলে ও লঘু HCl-এ অদ্রাব্য। কিন্তু গাঢ় HCl-এ দ্রবণীয়। এই দ্রবণ ফুটাইলে $H_2S$ বাহির হইয়া যায় এবং $SbCl_3$ উৎপন্ন হয়।

অ্যান্টিমনি পেন্টাসালফাইড তাপিত করিলে উহা ট্রাইসালফাইড ও সালফারে ভাঙিয়া যায়;



$$Sb_2S_5 = Sb_2S_3 + 2S$$

কস্টিক-ক্ষার দ্রবণ ও হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডে ইহা দ্রবিত হইয়া অ্যান্টিমনেট এবং থায়োঅ্যান্টিমনেট লবণ দেয়:



$$4Sb_2S_5 + 24KOH = 5K_3SbS_4 + 3K_3SbO_4 + 12H_2O$$



$$Sb_2S_5 + 3(NH_4)_2S = 2(NH_4)_3SbS_4$$

**অ্যান্টিমনি যৌগের পরীক্ষা।** (ক) আর্সেনিক না থাকিলে মার্শের পরীক্ষা দ্বারাই অ্যান্টিমনির কালো দর্পণ উৎপাদন করিয়া অ্যান্টিমনি সনাক্ত করা যায়। (অনুচ্ছেদ ১৮-৬৭)।

(খ) অ্যান্টিমনি লবণের HCl-দ্রবণে একটি Pt-পাত রাখিয়া তাহার উপর এক টুকরা জিঙ্ক দিলে, প্লাটিনামের উপর কালো অ্যান্টিমনি ধাতু জমিতে থাকে। এই অ্যান্টিমনিকে অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া $H_2S$-দ্বারা কমলা রংয়ের $Sb_2S_3$ অধঃক্ষেপে পরিণত করা হয়। ইহাতেই অ্যান্টিমনি নির্দেশ করা হয়।

অ্যান্টিমনির পরিমাণ নির্ণয় করিতে উহাকে সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ওজন করাই রীতি।

## বিসমাথ

চিহ্ন Bi, ক্রমাঙ্ক 83, পা: গুরুত্ব 209, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 4f^{14} 5s^2 5p^6 5d^{10} 6s^2 6p^3$

প্রকৃতিতে বিসমাথের উল্লেখযোগ্য খনিজ: (১) বিসমাথ গ্লান্স, $Bi_2S_3$; (২) বিসমাথ ওকর, $Bi_2O_3$ এবং (৩) বিসমিউথিল কার্বনেট, বা বিসমাথ স্পার $(BiO)_2CO_3$। ইহা ছাড়া, সিলভার, লেড, কপার প্রভৃতির সালফাইড খনিজের সঙ্গেও বিসমাথ সালফাইড অল্পবিস্তর থাকে; যেমন, সিলভার-বিসমাথ গ্লান্স, $Ag_2S$, $Bi_2S_3$; কপার বিসমাথ গ্লান্স, $Cu_2S$, $Bi_2S_3$, ইত্যাদি। সিলভার, গোল্ড প্রভৃতির সঙ্গে কখন কখনও কিছু বিসমাথ মৌলাবস্থাতেও প্রকৃতিতে থাকে।

**১৮-৭৬। বিসমাথ প্রস্তুতি।** এই ধাতুটি বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

(১) যে সব খনিজে উহা মৌলাবস্থায় থাকে, সেই সব খনিজকে একটি প্রশস্ত লোহার নলে ঢালুভাবে রাখিয়া তাপিত করা হয়। বিসমাথ গলিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত হইয়া নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয় এবং এইরূপে অন্যান্য পদার্থ হইতে পৃথক করা হয়।

(২) সালফাইড, অক্সাইড বা কার্বনেট খনিজ হইতে বিসমাথ উদ্ধার করিতে হইলে, ঐ সকল খনিজকে প্রথমে চুল্লীতে তাপজারিত করা হয়। ইহাতে উদ্বায়ী পদার্থগুলি (Sb বা As) উদ্বায়িত হইয়া যায়, কার্বনেট হইতে $CO_2$ চলিয়া যায় এবং সালফাইড খনিজ থাকিলে উহা অক্সাইডে $(Bi_2O_3)$ পরিণত হয়।

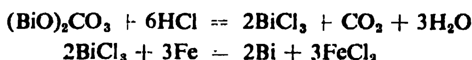
এই অক্সাইডকে কার্বনের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া অতঃপর মুচিতে অত্যন্ত উত্তপ্ত করা

হয়। সোডিয়াম কার্বনেট ও চূনাপাথর বিগালক হিসাবে মিশাইয়া লওয়া হয়। উচ্চ-তাপে অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।



$$Bi_2O_3 + 3C = 2Bi + 3CO$$

(৩) অক্সাইড কিংবা কার্বনেট খনিজকে আবার অনেক সময় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে প্রথমে দ্রব করা হয়। অতঃপর উক্ত দ্রবণে লৌহ দিলে বিসমাথ প্রতিস্থাপিত হইয়া বাহির হইয়া আসে।



$$(BiO)_2CO_3 + 6HCl = 2BiCl_3 + CO_2 + 3H_2O$$
$$2BiCl_3 + 3Fe = 2Bi + 3FeCl_2$$

এই সকল উপায়ে যে বিসমাথ পাওয়া যায়, উহা বিশুদ্ধ নয়। উহার সঙ্গে সর্বদাই কিছু লেড, অ্যান্টিমনি, সিলভার, আয়রণ ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। সেই জন্য এই ধাতুর বিশোধন করা হয়। ইহাকে প্রথমে অতিরিক্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া উহা হইতে বিসমাথ নাইট্রেট কেলাস সংগ্রহ করা হয়। বিসমাথ নাইট্রেটকে তাপ-বিযোজনে বিসমাথ অক্সাইড, $Bi_2O_3$-তে পরিণত করা হয়। $Bi_2O_3$-কে KCN সহ উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করিলে বিশুদ্ধতর বিসমাথ ধাতু পাওয়া যায়।

তারপর এই বিসমাথের আবার তড়িৎ-বিশোধন করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সেলে $BiCl_3$-এর HCl-দ্রবণ লইয়া উপরোক্ত বিসমাথকে অ্যানোডরূপে এবং বিশুদ্ধ বিসমাথের ফালি ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। বিশ্লেষণে যে বিসমাথ আসিয়া ক্যাথোডে জমে তাহার বিশুদ্ধতা 99.9%।

**ধর্ম।** বিসমাথ একটি ভঙ্গুর সাদা উজ্জ্বল ধাতু (ঘনত্ব 9.8, গলনাঙ্ক, 271°C)। উহার সামান্য লাল আভা আছে। ইহার তাপ ও বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা খুব কম, প্রসার্যতা ও ঘাতসহনতাও কম। তরল বিসমাথের হিমীভবনে উহার আয়তন বৃদ্ধি পায়।

শুষ্ক বায়ুতে বিসমাথের কোন পরিবর্তন হয় না। বাতাসে যদি খুব উত্তপ্ত করা হয়, তবে উহা নীলাভ-সাদা শিখা সহ জ্বলিয়া বাদামী-হলুদ $Bi_2O_3$-এ পরিণত হয়। আর্দ্র-বাতাসেও বিসমাথ অতি ধীরে ধীরে জারিত হয়। স্টীম উত্তপ্ত বিসমাথের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন, অন্যান্য হ্যালোজেন এবং সালফারের সঙ্গে উহার সাক্ষাৎ-সংযোগ ঘটে, কোন কোন ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ প্রয়োজন। নাইট্রিক অ্যাসিডে এবং তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ধাতুটি আক্রান্ত হইয়া লবণ দেয়।



$$2Bi + 8HNO_3 = 2Bi(NO_3)_3 + 2NO + 4H_2O$$



$$2Bi + 6H_2SO_4 = Bi_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

**ব্যবহার।** সহজ গলনক্ষম বিভিন্ন ধাতুসংকর তৈয়ারী করার জন্য বিসমাথ অপরি-হার্য। উহার দুই একটি সংকরের উল্লেখ করা হইল।

১। উড মেটাল (Wood metal) Bi(4) + Pb(2) + Sn(1) + Cd(1)

২। রোজ মেটাল (Rose metal) Bi(2) + Pb(1) + Sn(1)

ঘরে শীতল জলের পাইপে জোড়া দিতে এই সকল সংকর ব্যবহৃত হয়। সংচায়ক সেলের (storage cell) লেড প্লেটে 3% বিসমাথ থাকে।

## বিসমাথের যৌগসমূহ

এই শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী বিসমাথের যোজ্যতাও তিন এবং পাঁচ। তবে উহার ত্রিযোজী যৌগের সংখ্যাই বেশী। কয়েকটি পঞ্চযোজী যৌগ আছে।

১৮-৭৭। বিসমিউথাইন, (বিসমাথ হাইড্রাইড), $BiH_3$। বিসমাথ ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সংকরের উপর HCl-অ্যাসিড দিলে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিসমাথ-হাইড্রাইড গ্যাসও উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস জলে সামান্য দ্রবণীয় এবং খুবই অস্থায়ী। উহার আম্লিক গুণ আছে এবং ক্ষারদ্রবণে শোষিত হয়। এই গ্যাস লইয়া মার্শের পরীক্ষা করিলে বাদামী রংয়ের দর্পন সৃষ্টি হয়।

১৮-৭৮। বিসমাথ ট্রাইক্লোরাইড, $BiCl_3$। বিসমাথের সব হ্যালাইডই বিসমাথের সঙ্গে যথাযোগ্য হ্যালোজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগে পাওয়া যায়। ইহার পঞ্চযোজী হ্যালাইড নাই। এই হ্যালাইডগুলি (ফ্লুরাইড ব্যতিরেকে) অতি সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং বিসমিউথিল-যৌগ উৎপাদন করে। হ্যালাইডগুলির মধ্যে বিসমাথ-ট্রাইক্লোরাইড বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

বিসমাথকে অনার্দ্র ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলেই বিসমাথ ট্রাইক্লোরাইড পাওয়া যায়। অথবা, মারকিউরিক ক্লোরাইডের সঙ্গে বিসমাথ ধাতু মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হইলে, এই ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$2Bi + 3Cl_2 = 2BiCl_3 \quad ; \quad 2Bi + 3HgCl_2 = 2BiCl_3 + 3Hg$$

বিসমাথ অক্সাইড বা কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া দ্রবণটি পাতিত করিলে, প্রথমে জল পাতিত হইয়া যায় পরে বিসমাথ ট্রাইক্লোরাইড পাতিত হয় এবং পৃথকভাবে সংগৃহীত হয়।

**ধর্ম।** বিসমাথ ক্লোরাইড সাদা কঠিন দানার আকারে থাকে, তবে উহা যথেষ্ট উদ্‌গ্রাহী। উহার সোদক স্ফটিকে দুইটি জলের অণু উহার সহিত সংহত থাকে, $BiCl_3, 2H_2O$। বিসমাথ ক্লোরাইড জলে দ্রবণীয়। অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে উহার যুতযৌগিক গঠনের প্রবণতা দেখা যায়; যথা, $BiCl_3, 2HCl$; $BiCl_3,NOCl$; $2BiCl_3, NO$; ইত্যাদি।

বিসমাথ ক্লোরাইডের অ্যাসিডীয় দ্রবণ অতিরিক্ত জলে ঢালিয়া দিলে, উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় এবং সাদা বিসমিউথিল ক্লোরাইড, BiOCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ আবার গাঢ় HCl-এ দ্রব হয়;



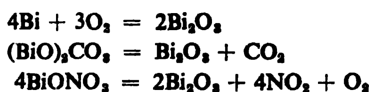
$$BiCl_3 + H_2O = BiOCl + 2HCl$$

'পার্ল হোয়াইট' নামে রং হিসাবে বাজারে উহার চাহিদা আছে।

$BiO^+$-মূলক সমন্বিত যৌগগুলিকে বিসমিউথিল-যৌগ বলা হয়।

১৮-৭৯। বিসমাথ অক্সাইড। বিসমাথের তিনটি অক্সাইড: (ক) বিসমাথ ট্রাই-অক্সাইড, (খ) বিসমাথ টেট্রোক্সাইড, (গ) বিসমাথ পেন্টোক্সাইড।

(ক) বিসমাথ ট্রাইঅক্সাইড, $Bi_2O_3$। প্রকৃতিতে 'বিসমাথ ওকর' খনিজরূপে ইহা পাওয়া যায়। ল্যাবরেটরীতে ধাতুটি ভস্মীকৃত করিয়া বা উহার ক্ষারকীয় নাইট্রেট কিংবা কার্বনেটকে তাপ-বিযোজিত করিয়া উহা তৈয়ারী করা হয়:



$$4Bi + 3O_2 = 2Bi_2O_3$$
$$(BiO)_2CO_3 = Bi_2O_3 + CO_2$$
$$4BiONO_3 = 2Bi_2O_3 + 4NO_2 + O_2$$

এই অক্সাইডটি ঈষৎ হলুদ বর্ণের এবং জলে অদ্রাব্য। কিন্তু অ্যাসিডটি নিশ্চিতরূপে ক্ষারকীয়। ইহা অ্যাসিডে দ্রব হয় এবং লবণ ও জল উৎপাদন করে;



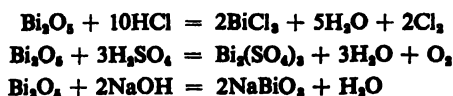
$$Bi_2O_3 + 6HCl = 2BiCl_3 + 3H_2O$$

কোন কোন বিশেষ কাচ প্রস্তুতিতে এবং চীনামাটির পাত্রের উপর প্রলেপ দিতে ইহার প্রয়োজন হয়।

(খ) বিসমাথ টেট্রোক্সাইড, $Bi_2O_4$। বিসমাথ ট্রাই-অক্সাইডকে ফুটন্ত লঘু কস্টিক পটাসের দ্রবণে প্রলম্বিত রাখিয়া উহাতে ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে, জারণের ফলে টেট্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহা একটি লাল বিচূর্ণ পাউডাররূপে পাওয়া যায়। এই টেট্রোক্সাইড খুব অস্থায়ী এবং ভাঙিয়া গিয়া $Bi_2O_3$ এবং অক্সিজেনে পরিণত হয়। HCl-এ দ্রবিত হইয়াও উহা ট্রাই-ক্লোরাইড দেয়।

(গ) বিসমাথ পেন্টোক্সাইড, $Bi_2O_5$। ফুটন্ত কস্টিক পটাস দ্রবণে সোদক বিসমাথ ট্রাই-অক্সাইড চূর্ণ প্রলম্বিত করিয়া অনেকক্ষণ ক্লোরিন গ্যাস উহাতে প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে, পটাসিয়াম মেটা-বিসমিউথেট ($KBiO_3$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপটিকে ছাঁকিয়া লইয়া উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিডে রাখিলে, উহা মেটা বিসমিউথিক অ্যাসিড ($HBiO_3$) দেয়। এই অ্যাসিডকে ধুইয়া বিশুষ্ক করিলে, $Bi_2O_5$ পাওয়া যায়।

ইহা একটি বাদামী রংয়ের বিচূর্ণ পদার্থ এবং অস্থায়ী। তাপ প্রয়োগে উহা বিয়োজিত হইয়া ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। গাঢ় খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়াতে ত্রিযোজী লবণ ও জল পাওয়া যায়। আবার ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়াতে উহা বিসমিউথেট যৌগে পরিণত হয়। অর্থাৎ ইহা উভধর্মী অক্সাইড।



$$Bi_2O_5 + 10HCl = 2BiCl_3 + 5H_2O + 2Cl_2$$
$$Bi_2O_5 + 3H_2SO_4 = Bi_2(SO_4)_3 + 3H_2O + O_2$$
$$Bi_2O_5 + 2NaOH = 2NaBiO_3 + H_2O$$

বিসমিউথেট যৌগ যথেষ্ট জারকগুণসম্পন্ন; উহা ম্যাঙ্গানাস লবণকে পারম্যাঙ্গানেটে জারিত করে।



$$5NaBiO_3 + 2Mn(NO_3)_2 + 16HNO_3 = 2HMnO_4 + 5NaNO_3 + 5Bi(NO_3)_3 + 7H_2O$$

১৮-৮০। বিসমাথ হাইড্রক্সাইড, $Bi(OH)_3$। শীতল অবস্থায় বিসমাথ লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া বা কস্টিক ক্ষার দ্রবণ মিশাইলে আঠাল সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। উহাই বিসমাথ হাইড্রক্সাইড। এই অধঃক্ষেপ আস্তে আস্তে দানা বাঁধে।



$$Bi(NO_3)_3 + 3NaOH = Bi(OH)_3 + 3NaNO_3$$

জলে অদ্রাব্য সাদা বিচূর্ণ কঠিন পদার্থরূপে ইহা পাওয়া যায়। অ্যাসিডে ইহা দ্রব হইয়া লবণ দেয়। ক্ষারদ্রবণে ইহা দ্রব হয় না, কিন্তু গ্লিসারলের সঙ্গে গাঢ় ক্ষারদ্রবণে ইহা দ্রব হয়। 100°C-এ উত্তপ্ত করিলে ইহা BiO(OH) দেয়, এবং খুব উচ্চ উষ্ণতায় ইহা $Bi_2O_3$-তে পরিণত হয়।

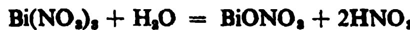


$$Bi(OH)_3 \xrightarrow[100°C]{-H_2O} BiO(OH) \xrightarrow{-H_2O} Bi_2O_3$$

**১৮-৮১। বিসমাথ কার্বনেট, $(BiO)_2CO_3$।** প্রশম বিসমাথ কার্বনেট অস্থায়ী বলিয়া পাওয়া সম্ভব নয়। ক্ষারকীয় কার্বনেট অর্থাৎ বিসমিউথিল কার্বনেট $(BiO)_2CO_3, \frac{1}{2}H_2O$ অবশ্য প্রস্তুত করা যায়। বিসমাথ নাইট্রেট দ্রবণে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণ মিশাইলেই সাদা, জলে অদ্রাব্য বিসমিউথিল কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। পর্যায় সারণীর B-উপ-শ্রেণীর ইহাই একমাত্র কার্বনেট। উত্তাপে ইহা বিয়োজিত হইয়া বিসমাথ অক্সাইডে $(Bi_2O_3)$ পরিণত হয়। রঞ্জন-রশ্মির দ্বারা পরীক্ষায় এবং ঔষধরূপে চিকিৎসকেরা ইহা ব্যবহার করেন।

**১৮-৮২। বিসমাথ নাইট্রেট, $Bi(NO_3)_3, 5H_2O$।** বিসমাথ বা উহার অক্সাইড কিংবা কার্বনেটকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া, দ্রবণটিকে গাঢ় করা হয়। শীতল হইলে এই দ্রবণ হইতে সোদক বিসমাথ নাইট্রেট কেলাসিত হয়।

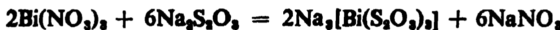
এই লবণটি সাদা স্ফটিকাকার এবং উদ্‌গ্রাহী। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্তমানে ইহা জলে দ্রবিত হয়। কিন্তু উহাকে যদি অতিরিক্ত জলে দেওয়া হয় তবে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া বিসমিউথিল নাইট্রেট অর্থাৎ বিসমাথ সাবনাইট্রেটে পরিণত হয়।



$$Bi(NO_3)_3 + H_2O = BiONO_3 + 2HNO_3$$

বিসমাথ সাবনাইট্রেট পেটের পীড়াতে ঔষধরূপে ব্যবহার করা হয়। মৃৎশিল্পেও উহা সময় সময় প্রয়োগ করা হয়।

বিসমাথ লবণের দ্রবণে থায়োসালফেট দ্রবণ মিশাইলে জটিল-লবণের উদ্ভব হয়। যথা,



$$2Bi(NO_3)_3 + 6Na_2S_2O_3 = 2Na_3[Bi(S_2O_3)_3] + 6NaNO_3$$

এই জটিল সোডিয়াম-বিসমাথ থায়োসালফেট গরম করিলে ভাঙিয়া যায় এবং বিসমাথ সালফাইড দেয়।

**১৮-৮৩। বিসমাথ-সালফাইড, $Bi_2S_3$।** প্রকৃতিতে বিসমাথ গ্ল্যান্স খনিজরূপে ইহা পাওয়া যায়। বিসমাথ ধাতু এবং সালফার একত্র গলাইয়া লইলেও ইহা পাওয়া সম্ভব।

সচরাচর বিসমাথ লবণের অ্যাসিডীয় দ্রবণে $H_2S$ গ্যাস পরিচালিত করিয়া বিসমাথ সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

ইহা একটি গাঢ় বাদামী বা প্রায় কালো রংয়ের বিচূর্ণ পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য।

ক্ষার দ্রবণে ও হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডেও ইহা দ্রব হয় না। ফুটন্ত গাঢ় HCl-এ এবং উষ্ণ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা ইহা আক্রান্ত হইয়া লবণে পরিণত হয়।



$$Bi_2S_3 + 6HCl = 2BiCl_3 + 3H_2S$$



$$Bi_2S_3 + 8HNO_3 = 2Bi(NO_3)_3 + 3S + 4H_2O + 2NO$$

$K_2S$-এর সঙ্গে একত্র গলাইলে $Bi_2S_3$ পটাসিয়াম থায়োবিসমিউথাইটে পরিণত হয়।

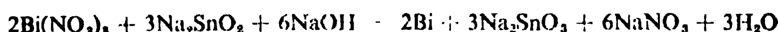


$$K_2S + Bi_2S_3 = 2KBiS_2$$

**১৮-৮৪। বিসমাথ যৌগের পরীক্ষা।** বিসমাথ যৌগ সনাক্ত করার জন্য নিম্নোক্ত সিক্ত পরীক্ষা করা হয়।

(ক) বিসমাথ লবণের দ্রবণকে একটি বীকারে অতিরিক্ত জলে মিশাইলে উহা হইতে সাদা অধঃক্ষেপ ( BiOCl ইত্যাদি ) পড়ে।

(খ) বিসমাথ লবণের দ্রবণের সঙ্গে সোডিয়াম স্ট্যানাইট দ্রবণ মিশাইলে কালো বিসমাথ ধাতুর অধঃক্ষেপ পড়ে।



$$2Bi(NO_3)_3 + 3Na_2SnO_2 + 6NaOH = 2Bi + 3Na_2SnO_3 + 6NaNO_3 + 3H_2O$$

বিসমাথের পরিমাণ নির্ণয়ে সাধারণতঃ উহাকে সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। উহার ওজন বাহির করিয়া উহার পরিমাণ জানা হয়।

## অনুশীলনী

নাইট্রোজেনের হাইড্রাইডসমূহ কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ফসফরাসের ঐ জাতীয় হাইড্রাইডের সহিত উহাদের রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর।

২। আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের হ্যালাইডসমূহের একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

৩। হেভার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়ার উৎপাদন উৎস কি? সিন্ধ্রিসার-কারখানায় কিরূপে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদিত হয়?

৪। নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদনে ওস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি বর্ণনা কর। কিরূপে ও কোন্ সর্তে এই নাইট্রিক অ্যাসিড লেড, ফসফরাস ও চিনির সহিত বিক্রিয়া করে?

৫। ফসফরাসের বহুরূপতা সম্বন্ধে কি জান? মৌল ফসফরাস হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিরূপে প্রস্তুত করিবে: (ক) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, (খ) ফসফিন, (গ) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড? উহাদের সংরচনা লিখ।

ফসফরাসের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডসমূহের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। বিভিন্ন অক্সি-অ্যাসিডগুলির ক্ষার-ধর্মিতা আলোচনা কর।

৭। নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিরূপে প্রস্তুত করা হয়: (ক) হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিড, (খ) হাইড্রক্সিল অ্যামিন, (গ) স্টিবাইন, (ঘ) আর্সেনিক ক্লোরাইড? যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে উহাদের সংরচনা দাও।

৮। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে টীকা লিখ:
(ক) নাইট্রোজেন চক্র (খ) সুপার ফসফেট অব লাইম
(গ) সক্রিয় নাইট্রোজেন (ঘ) পর্যায়-সারণীতে বিসমাথের স্থান।

৯। বিভিন্ন প্রকার ফসফেট লবণ সম্পর্কে কি জান? রাসায়নিক বিশ্লেষণের সময় কিরূপে ফসফেট যৌগমূলককে সনাক্তকরণ ও দূরীকরণ করিবে?

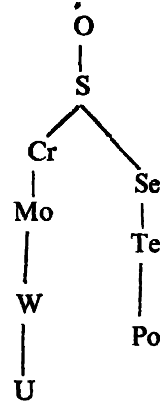
১০। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুতি ও ব্যবহার উল্লেখ কর: (ক) হাইড্রাজিন সালফেট (খ) হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড (গ) পীত ফসফরাস (ঘ) পটাসিয়াম অ্যান্টিমনেট।

১১। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত আর্সেনিকের যৌগ হইতে মৌলটি কিরূপে পাইবে? আর্সেনিক ট্রাই-ক্লোরাইড, আর্সেনিক ট্রাই-অক্সাইড ও আর্সেনিক অ্যাসিড কিরূপে সনাক্ত করা হয়?

১২। অ্যান্টিমনিল ও বিসমিউথিল যৌগসমূহের অস্তিত্ব সম্পর্কে কি জান? অ্যান্টিমনি হইতে অ্যান্টিমনিল যৌগ আর বিসমাথ হইতে বিসমিউথিল যৌগের প্রস্তুতি লিখ। উহাদের ধর্ম উল্লেখ কর। সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সহিত উহাদের প্রত্যেককে ফুটাইলে কি বিক্রিয়া ঘটে?

পরিচ্ছেদ ৩৯

# ষষ্ঠ শ্রেণীর মৌল—ক্রোমিয়াম




ষষ্ঠ শ্রেণীতে মোট নয়টি মৌলের স্থান হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে প্রথম এবং দ্বিতীয় পর্যায়ের অক্সিজেন এবং সালফার আদর্শ-মৌল, আর বাকী মৌলগুলি অন্যান্য শ্রেণীর মত দুইটি উপশ্রেণীতে বিভক্ত।

উপশ্রেণী A-তে আছে—ক্রোমিয়াম, মলিবডেনাম টাংস্টেন এবং ইউরেনিয়াম।

উপশ্রেণীতে B-তে স্থান পাইয়াছে—সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম, পলোনিয়াম। কিন্তু ঐকান্তিক সাদৃশ্যহেতু অক্সিজেন এবং সালফারকেও উপশ্রেণী B-এর অন্তর্ভুক্ত বলিয়া ধরা হয়।

এই নয়টি মৌলের ভিতর ইউরেনিয়াম এবং পলোনিয়াম তেজস্ক্রিয়। ক্রোমিয়াম, মলিবডিনাম এবং টাংস্টেন সন্ধিগত-মৌল গোষ্ঠির অন্তর্গত। অতি উচ্চ গলনাঙ্ক, একাধিক যোজ্যতা প্রকাশ-ক্ষমতা, নানা বর্ণের যৌগ সৃষ্টিতে দক্ষতা, ইত্যাদি এই সকল মৌলের বৈশিষ্ট্য। ইহাদের প্রধান যোজ্যতা ছয়, কিন্তু সব কয়টি মৌলই দুই হইতে ছয় পর্যন্ত সব রকম যোজ্যতা প্রদর্শন করে। যদিও আম্লিক অক্সাইড গঠন করে এবং ক্রোমেট, মলিবডেট প্রভৃতি লবণ স্থায়ী, তবুও মৌল কয়টি প্রধানতঃ ধাতব এবং পরা-বিদ্যুৎধর্মী। এই পরাবিদ্যুৎধর্মিতা ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়িতে থাকে। ক্রোমিয়াম, মলিবডেনাম, টাংস্টেন—সব কয়টি মৌলেরই ব্যবহারিক প্রয়োগ যথেষ্ট। প্রতীক হিসাবে এই অধ্যায়ে আমরা কেবলমাত্র উপশ্রেণীর A-এর ক্রোমিয়াম সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

উপশ্রেণী A এবং উপশ্রেণী B-এর মধ্যে পর্যায় সারণীর স্বাভাবিক নিয়ম অনুযায়ী অমিল যথেষ্ট। মৌলকয়টির পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নরূপ—

O (8) — 2.6
S (16) — 2.8.6

| | |
|---|---|
| Cr (24) = 2.8.13.1 | Se (34) = 2.8.6 |
| Mo (42) = 2.8.18.13.1 | Fe (52) = 2.8.18.18.6 |
| W (74) = 2.8.18.32.12.2. | Po (84) = 2.8.18.32.18.6 |
| U (92) = 2.8.18.32.18.12.2. | |

লক্ষ্য করিলেই দেখা যাইবে উপশ্রেণী A-র পরমাণুগুলিতে বাহির হইতে দ্বিতীয় স্তর ইলেকট্রন-সম্পৃক্ত নয়, কিন্তু উপশ্রেণী B-র সেই স্তর সবক্ষেত্রেই সম্পৃক্ত। দুই উপ-শ্রেণীর ধর্মের পার্থক্যের ইহাই কারণ। দুইটি উপশ্রেণীর মধ্যে সালফার বস্তুতঃ সেতু-বন্ধন করিয়াছে। এই মৌলটির উভয় উপশ্রেণীর সঙ্গেই খানিকটা সাদৃশ্য দেখা যায়।

একই শ্রেণীভুক্ত এই দুই উপশ্রেণীর মধ্যে কিছু কিছু মিল রহিয়াছে:

(ক) উভয় উপশ্রেণীর মধ্যেই মৌলদের একাধিক যোজ্যতা পরিলক্ষিত হয়। A-উপশ্রেণীর মৌলগুলির যোজক-ইলেকট্রনগুলি সর্ববহিস্থ স্তর এবং উহার অব্যবহিত পূর্ব-স্তর হইতে আসে। B-উপশ্রেণীর মৌল প্রায়ই দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া দ্বিযোজী যৌগ সৃষ্টি করে, তবুও সর্ববহিস্থ স্তর হইতে বিভিন্ন সংখ্যক ইলেকট্রন দিয়াও যৌগ সৃষ্টি করিতে সক্ষম।

(খ) প্রত্যেকটি মৌলই—উভয় উপশ্রেণীর—ষড়যোজী যৌগ গঠন করে। বিশেষ উল্লেখযোগ্য উহাদের অক্সাইড, $CrO_3$, $SO_3$, $SeO_3$ ইত্যাদি। এই অক্সাইডসমূহ আম্লিক এবং $K_2XO_4$ জাতীয় লবণ, $K_2CrO_4$, $K_2SO_4$ $K_2SeO_4$ ইত্যাদির সৃষ্টি করে। পলি-অ্যাসিড লবণ উভয় উপশ্রেণীতে দেখা যায়; যেমন, $K_2S_2O_8$, $K_2Cr_2O_7$, $Na_2W_4O_{13}$, ইত্যাদি।

(গ) উভয় উপশ্রেণীর অধিকাংশ মৌল হইতেই যে অক্সি-ক্লোরাইড পাওয়া যায় উহারা একই রকমের, $SOCl_2$, $SeOCl_2$; $SO_2Cl_2$, $CrO_2Cl_2$।

কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই দুই উপশ্রেণীর মৌলদের ধর্ম ও গুণাগুণে পার্থক্য দেখা যায়।

(ক) A-উপশ্রেণীর মৌলগুলি সন্ধিগত-মৌল বলিয়া উহাদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক খুবই বেশী; B-উপশ্রেণীর মৌলসমূহ অপেক্ষাকৃত উদ্বায়ী।

(খ) A-উপশ্রেণীর মৌল প্রধানতঃ ধাতব, যদিও আম্লিক অক্সাইডও দেয়, B-উপশ্রেণীর মৌল অধাতব, (টেলুরিয়াম খানিকটা এবং পলোনিয়াম সম্পূর্ণ ধাতু-গুণসম্পন্ন)। এই জন্য B-উপশ্রেণীর মৌলের অক্সাইড অম্লজাতীয়, A-উপশ্রেণীর অক্সাইড ক্ষারীয় এবং আম্লিক উভয়ই হয়।

(গ) B-উপশ্রেণীর মৌলের যৌগগুলি, বিশেষতঃ হাইড্রাইড, নাইট্রাইড, কার্বাইড ইত্যাদি সমযোজী যৌগ। কিন্তু A-উপশ্রেণীর ঐরূপ যৌগ অন্তরালীয় (interstitial)।

**১৯-১। পর্যায়-সারণীতে ক্রোমিয়ামের স্থান।** মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে ক্রোমিয়ামকে সালফারের সঙ্গে একই ষষ্ঠ শ্রেণীতে রাখা হইয়াছে। সালফার অধাতু এবং এই শ্রেণীর আদর্শ মৌল আর ক্রোমিয়াম A-উপশ্রেণীতে একটি প্রধানতঃ অধাতব মৌল। কিন্তু উহাদের যৌগগুলিতে অনেক শ্রেণীগত বৈশিষ্ট্য লক্ষিত হয়।

উভয় মৌলই ষড়যোজী আম্লিক অক্সাইড গঠন করে, $SO_3$, $CrO_3$। এই অক্সাইড হইতে উদ্ভূত অনেক লবণ সমাকৃতিক এবং একই প্রকৃতির; যেমন,



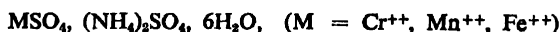
$$K_2SO_4(K_2O,SO_3) \text{ ও } K_2CrO_4(K_2O, \; CrO_3)$$

অথবা, $K_2S_2O_7(K_2O, \; 2SO_3)$ ও $K_2Cr_2O_7(K_2O, \; 2CrO_3)$।

উভয়েরই অক্সিক্লোরাইড একই রকম, $SO_2Cl_2$ এবং $CrO_2Cl_2$। ইহাদের আর্দ্র-বিশ্লেষণে একইরূপ অ্যাসিড পাওয়া যায়, $H_2SO_4$, $H_2CrO_4$। ইহাদের বেরিয়াম লবণ $BaSO_4$, $BaCrO_4$ উভয়েই অদ্রাব্য। সুতরাং ষষ্ঠ শ্রেণীতে সালফারের সঙ্গে ক্রোমিয়ামের স্থান পাওয়া যুক্তিযুক্ত হইয়াছে।

অপরদিকে পর্যায়-হিসাবে, ক্রোমিয়াম প্রথম সন্ধিগত-মৌল গোষ্ঠির টাইটেনিয়াম,

ভ্যানাডিয়াম এবং ম্যাঙ্গানিজ, আয়রণের মধ্যস্থলে, (Ti, V, Cr, Mn, Fe)। ইহার বৈশিষ্ট্যও ঐ পারিপার্শ্বিক মৌলের মতই। ইহার যোজ্যতা একাধিক। ইহার আয়ন বিভিন্ন বর্ণযুক্ত। বস্তুতঃ ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, আয়রণ এই তিনটি সন্নিগত-মৌলের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে। উহারা সকলেই দ্বিযোজী এবং ত্রিযোজী ক্লোরাইড, $MCl_2$, $MCl_3$, (M = Cr, Mn, Fe) দেয়। ইহারা সকলেই সমাকৃতিক দ্বিধাতুক সালফেট লবণ গঠন করে:


$$MSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O, \quad (M = Cr^{++}, Mn^{++}, Fe^{++})$$

$$M'_2(SO_4)_3, K_2SO_4, 24H_2O, \quad (M' = Cr^{+++}, Mn^{+++}, Fe^{+++})$$

ষড়যোজী অবস্থায়ও তিনটি মৌলই সমাকৃতিক যৌগ সৃষ্টি করে, $K_2CrO_4$, $K_2MnO_4$, $K_2FeO_4$। সুতরাং আয়রণ, ম্যাঙ্গানিজের সঙ্গে ক্রোমিয়ামের অবস্থান অবশ্যই সমর্থন-যোগ্য।

## ক্রোমিয়াম

চিহ্ন Cr, ক্রমাঙ্ক 24, পাঃ গুরুত্ব 52.01,
ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$

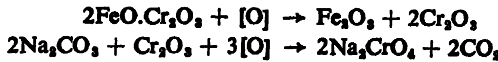
1797 খ্রীষ্টাব্দে ভ্যাকুলিন প্রথম সাইবেরিয়ার খনিজ ক্রোকয়সাইটে ($PbCrO_4$) এই ধাতুটি আবিষ্কার করেন। এই ধাতুটি খুব সুন্দর সুন্দর রং-এর যৌগ গঠনে সক্ষম, তাই ইহার নাম দেন ক্রোমিয়াম (গ্রীক 'ক্রোমা' শব্দের অর্থ রং)। উল্লিখিত আকরিক ছাড়া ক্রোমিয়ামের প্রধান আকরিকগুলি হইল: ক্রোমাইট ($FeO.Cr_2O_3$); ক্রোম ওকোর ($Cr_2O_3$)।

দক্ষিণ আফ্রিকা, রাশিয়া, উঃ আমেরিকা প্রভৃতি দেশে ক্রোমিয়ামের অধিকাংশ খনিজ পাওয়া যায়। ভারতবর্ষেও মহীশূর, সিংভূম অঞ্চলে ও আন্দামান দ্বীপপুঞ্জে কিছু ক্রোমি-য়াম পাওয়া যায়।

**১৯-২। ক্রোমিয়াম নিষ্কাশন।** ক্রোমিয়াম সাধারণতঃ ক্রোমাইট আকরিক হইতে নিষ্কাশিত করা হয়। এই খনিজটিতে ক্রোমিয়াম ও লৌহের অক্সাইড মিশ্রিত। তাই বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে আয়রণমুক্ত বিশুদ্ধ ক্রোমিক অক্সাইড প্রস্তুত করা দরকার। পরে উহার বিজারণ দ্বারা ক্রোমিয়াম পাওয়া যায়। নিম্নে ক্রোমিয়াম নিষ্কাশনের প্রক্রিয়াগুলি পর পর দেওয়া হইল:

(ক) আকরিকের গাঢ়ীকরণ: খনিজটিকে উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া লইয়া জলের প্রবাহদ্বারা দ্রুত নাড়ানো হয়। ইহাতে হাল্কা অপদ্রব্যগুলি ধৌত হইয়া যায়, আর ভারী আকরিকের গুঁড়া তলদেশে সঞ্চিত হয়।

(খ) তাপজারণ: গাঢ় আকরিককে অতঃপর অধিকমাত্রার সোডিয়াম কার্বনেট ও সামান্য চুনের সহিত মিশাইয়া বায়ুপ্রবাহে পরাবর্ত-চুল্লীতে তাপিত করা হয়। ইহাতে ফেরাস অক্সাইড জারিত হয় এবং সোডিয়াম ক্রোমেট উৎপন্ন হয়।



$$2FeO.Cr_2O_3 + [O] \rightarrow Fe_2O_3 + 2Cr_2O_3$$
$$2Na_2CO_3 + Cr_2O_3 + 3[O] \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 2CO_2$$

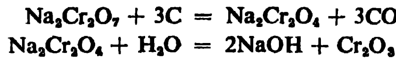
বিক্রিয়াটি যাহাতে সম্পূর্ণ হয় চুন সে বিষয়ে সাহায্য করে আর ক্রোমিয়াম অক্সাইডের কঙ্করাকারে পরিণতিতে উহা সহায়ক হয়। উৎপন্ন সোডিয়াম ক্রোমেটকে জলে দ্রবীভূত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। দ্রবণে এখন সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে ডাইক্রোমেট উৎপন্ন হয়।



$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$$

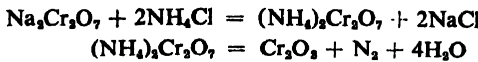
দ্রবণটিকে গাঢ় করিয়া সোডিয়াম ডাই-ক্রোমেট আংশিক কেলাসন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা হয়। (অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় সোডিয়াম সালফেট প্রথমে কেলাসিত হয়।)

(গ) **ডাই-ক্রোমেটের বিজারণ:** সোডিয়াম ডাইক্রোমেটকে দুই ভাবে ক্রোমিয়াম অক্সাইডে বিজারিত করা যাইতে পারে। (১) কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে ডাইক্রোমেটকে চারকোলচূর্ণসহ উত্তপ্ত করা হয়। বিজারণের ফলে প্রথমে সোডিয়াম ক্রোমাইট উৎপন্ন হয়। পরে উহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় ক্রোমিক অক্সাইড দেয়।



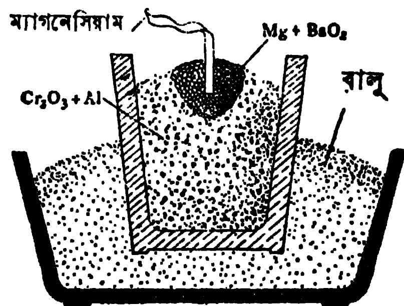
$$Na_2Cr_2O_7 + 3C = Na_2Cr_2O_4 + 3CO$$
$$Na_2Cr_2O_4 + H_2O = 2NaOH + Cr_2O_3$$

(২) ডাইক্রোমেটটিকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট উৎপন্ন হয়। উহা আরও উত্তপ্ত করিলে ভাঙিয়া ক্রোমিক অক্সাইড দেয়।



$$Na_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl = (NH_4)_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$$

(ঘ) **ধাতব ক্রোমিয়াম প্রস্তুতি:** ক্রোমিয়াম অক্সাইড হইতে ধাতব ক্রোমিয়াম পাইতে গেলে 'গোল্ডস্মিডের থারমাইট পদ্ধতি' প্রয়োগ করা হয়। অগ্নিসহ মৃত্তিকার তৈয়ারী খর্পরে $Cr_2O_3$ ও Al-চূর্ণের মিশ্রণ লওয়া হয়। মিশ্রণের উপরে মধ্যস্থলে একটুখানি $KClO_3$, $BaO_2$ (জারক দ্রব্য) ও ম্যাগনেসিয়াম চূর্ণের মিশ্রণ রাখা হয় এবং তাহাতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিয়া উঠিয়া মিশ্রণটিকে অত্যন্ত তাপিত করিয়া দেয়। ফলে উত্তপ্ত Al-বিস্ফোরণসহ ক্রোমিয়াম অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ক্রোমিয়ামে পরিণত করে। যথেষ্ট উষ্ণতা থাকায় ক্রোমিয়াম গলিত অবস্থায় খর্পরের তলদেশে জড় হয়।




চিত্র ১৯-ক। গোল্ডস্মিড পদ্ধতিতে ক্রোমিয়াম প্রস্তুতি



$$Cr_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Cr + 112 \text{ Cals}$$

এই ক্রোমিয়াম 99.5% বিশুদ্ধ। ইহাকে আরও বিশুদ্ধ করিতে হইলে তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্য লওয়া হয়। ক্রোমিয়াম সালফেট দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে লইয়া বিশুদ্ধ ক্রোমিয়ামকে ক্যাথোড ও অবিশুদ্ধ ক্রোমিয়ামকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ক্রোমিয়াম ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

**১৯-৩। ক্রোমিয়ামের ধর্ম।** ক্রোমিয়াম দ্যুতিসম্পন্ন, নীলাভ সাদা ধাতু; ইহা খুবই কঠিন ও ঘাতসহ। ধাতুটির আপেক্ষিক গুরুত্ব, 7.2; গলনাঙ্ক, 1830°C ও স্ফুটনাঙ্ক, 2300°C।

শুষ্ক বা আর্দ্র-বাতাসে ক্রোমিয়ামের কোন পরিবর্তন হয় না। সেই জন্য অনেক সময় অবর ধাতুর উপর ক্রোমিয়াম-প্রলেপন (chromium plating) দেওয়া হয়। লোহিত তপ্ত অবস্থায় (2000°C) ক্রোমিয়াম, অক্সিজেন বা স্টীমের সহিত ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড গঠন করে।



$$4Cr + 3O_2 = 2Cr_2O_3 \qquad 2Cr + 3H_2O = Cr_2O_3 + 3H_2$$

ক্রোমিয়ামের উপর ক্ষারকের কোনরূপ বিক্রিয়া হয় না। ধাতুটি লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় নীল রং-এর অস্থায়ী ক্রোমাস লবণ গঠন করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



$$Cr + 2HCl = CrCl_2 + H_2\uparrow$$

বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে এই ক্রোমাস ক্লোরাইড স্থায়ী ক্রোমিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।



$$4CrCl_2 + 4HCl + O_2 = 4CrCl_3 + 2H_2O$$

ক্রোমিয়াম লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড উহাকে নিষ্ক্রিয় (passive) ক্রোমিয়ামে রূপান্তরিত করে। এই অবস্থায় ক্রোমিয়ামের উপর উহার অক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে এবং এই আবরণটি ক্রোমিয়ামের অন্যান্য বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। হ্যালোজেনসমূহ, সালফার, নাইট্রোজেন ও কার্বন প্রভৃতির সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় ক্রোমিয়াম কিংবা ক্রোমিয়ামের পারদ-সংকর সোজাসুজি বিক্রিয়া করে।

**ক্রোমিয়ামের ব্যবহার।** ইহার প্রধান ব্যবহার ইস্পাতশিল্পে 'বিশেষ-ইস্পাত' (special steel) প্রস্তুতিতে। 'ক্রোম ইস্পাত' খুবই কঠিন ও দৃঢ় প্রকৃতির। এই জাতীয় ইস্পাত ধারাল অস্ত্রশস্ত্র, ছুরি-কাঁচি নির্মাণে ব্যবহার করা হইয়া থাকে। বিভিন্ন প্রকার ক্রোম-ইস্পাতের মধ্যে 'স্টেন্‌লেস ইস্পাত', 'ক্রোমিয়াম-ভ্যানাডিয়াম ইস্পাত', 'ক্রোমিয়াম-টাংস্টেন ইস্পাত' প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

সংকর ধাতু নির্মাণে ক্রোমিয়ামের যথেষ্ট ব্যবহার দেখা যায়। এই জাতীয় ধাতু সংকরের মধ্যে 'নাইক্রোম', 'স্যাটেলাইট', 'ইলিয়াম' প্রভৃতি প্রধান। ইহারা তাপ-সহায়-তার, শল্যচিকিৎসার যন্ত্রপাতি প্রভৃতি নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

ক্রোমিয়ামের আর একটি ব্যবহার হইল 'ক্রোমিয়াম প্রলেপন'। $H_2SO_4$-যুক্ত গরম ক্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে উচ্চমাত্রার তড়িৎ (150 অ্যাম্পি/বর্গফুট) ও অ্যান্টি-মনিযুক্ত লেড অ্যানোড ব্যবহার করিয়া এই জাতীয় প্রলেপন সম্ভব। ইহাতে প্রলেপিত বস্তুটি রূপার মত চকচকে ও মরিচারোধী হয়।

## ক্রোমিয়ামের প্রধান প্রধান যৌগ

ক্রোমিয়ামের যোজ্যতা 2, 3 বা 6 হইতে পারে। অর্থাৎ ইহা এই তিন প্রকারের যৌগ গঠনে সক্ষম। জারণ-সংখ্যাবৃদ্ধির সঙ্গে উহার অপরাধর্মিতা বৃদ্ধি পায়। ফলে, উহার যৌগের ক্ষারধর্মিতার পরিবর্তে অ্যাসিড ধর্মের প্রাধান্য দেখা যায়। অক্সাইড যৌগ হইতে ইহা স্পষ্ট বুঝা যায়।

(ক) ক্রোমাস অক্সাইড, CrO (তীব্রক্ষারকীয়); (খ) ক্রোমিক অক্সাইড, $Cr_2O_3$ (মৃদু ক্ষারকীয় বা উভধর্মী); (গ) ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড, $CrO_3$ (তীব্র অ্যাসিড)।

## ক্রোমাস যৌগ

ধাতব ক্রোমিয়ামকে লঘু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে আকাশী নীল রং-এর ক্রোমাস আয়ন, $Cr^{2+}$ উৎপন্ন হয়, কিন্তু বাতাসের অক্সিজেনের উপস্থিতিতে উহা সহজেই ক্রোমিক অবস্থায় জারিত হইয়া যায়। ক্রোমাস যৌগ শক্তিশালী বিজারক। ক্রোমিক লবণকে জায়মান হাইড্রোজেনদ্বারা বা তাড়িতবিজারণ করিলে ক্রোমাস অবস্থায় পরিবর্তিত করা যায়।



$$Cr^{3+} + H = Cr^{2+} + H^+$$

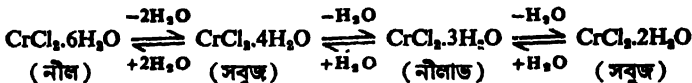
ক্রোমাস লবণের সহিত ফেরাস লবণের যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে, তবে ফেরাস আয়ন অপেক্ষা ক্রোমাস আয়ন অধিক শক্তিশালী বিজারক।

**ক্রোমাস অক্সাইড, CrO।** ক্রোমিয়ামের পারদ-সংকরকে লঘু $HNO_3$ দ্বারা বিক্রিয়া করিয়া গাঢ়-রংয়ের অস্থায়ী ক্রোমাস অক্সাইড পাওয়া যায়। তাপ প্রয়োগে বা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উহা ক্রোমিক যৌগে পরিণত হয়।



$$2CrO + 6HCl = 2CrCl_3 + H_2 + 2H_2O$$

**ক্রোমাস হ্যালাইড, $CrX_2$।** ক্রোমিয়াম HCl গ্যাসে জ্বালাইলে অনার্দ্র ক্রোমাস ক্লোরাইড, $CrCl_2$ উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত ক্রোমিক ক্লোরাইডে $H_2$-গ্যাস প্রবাহ পাঠাইলেও $CrCl_2$ উৎপন্ন হয়। অনার্দ্র অবস্থায় ইহা সাদাটে রং-এর হয়। যৌগটি জলাকর্ষী এবং জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ হইতে কেলাসিত হইবার সময় ইহা বিভিন্ন রং ধারণ করে। এইভাবে কেলাসজলের মাত্রানুসারে উহার বর্ণ বিভিন্ন হয়। যেমন,



$$\underset{\text{(নীল)}}{CrCl_2.6H_2O} \underset{+2H_2O}{\overset{-2H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(সবুজ)}}{CrCl_2.4H_2O} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(নীলাভ)}}{CrCl_2.3H_2O} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(সবুজ)}}{CrCl_2.2H_2O}$$

ক্রোমাস ক্লোরাইডকে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সাদা ক্রোমাস ফ্লুরাইড, $CrF_2$ উৎপন্ন হয়।

**ক্রোমাস সালফেট, $CrSO_4.7H_2O$।** ক্রোমিয়াম ধাতু অথবা ক্রোমাস অ্যাসিটেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোদক ক্রোমাস সালফেটের নীল কেলাস পাওয়া যায়। ইহার সহিত $FeSO_4.7H_2O$-এর যথেষ্ট সাদৃশ্য রহিয়াছে ও উহারা সমাকৃতিক। ক্রোমাস সালফেট পটাসিয়াম সালফেটের সহিত যুগ্ম-লবণ গঠন করিয়া থাকে ($K_2SO_4.CrSO_4.6H_2O$)।

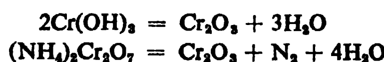
**ক্রোমাস কার্বনেট, $CrCO_3$।** ক্রোমাস লবণের দ্রবণে ক্ষার-ধাতুর কার্বনেট যোগ করিলে ধূসর রংয়ের ক্রোমাস কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু ক্ষারীয় কার্বনেটের আধিক্যে $Na_2[Cr(CO_3)_2]10H_2O$—এই জটিল যৌগটি গঠিত হয়।

**ক্রোমাস অ্যাসিটেট, $Cr(CH_3COO)_2$।** ক্রোমাস ক্লোরাইডের দ্রবণে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ যোগ করিলে ক্রোমাস অ্যাসিটেটের লাল অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। সচরাচর ক্রোমাস অ্যাসিটেট হইতেই বিভিন্ন প্রকার ক্রোমাস লবণ প্রস্তুত করা যায়।

## ক্রোমিক যৌগ

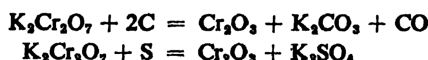
ক্রোমিক যৌগগুলিতে ক্রোমিয়ামের জারণমাত্রা তিন, $Cr^{3+}$ এবং উহা স্থায়ী যৌগ গঠন করে। এই অবস্থায় উহার অনেক সবর্গ-যৌগও পাওয়া যায়। এই জারণমাত্রা অম্ল-দ্রবণে যথেষ্ট স্থায়ী হইলেও ক্ষারীয় দ্রবণে উহা অতি সহজে জারিত হইয়া $Cr^{6+}$-এ পরিণত হয়।

**ক্রোমিক অক্সাইড, $Cr_2O_3$।** ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কিংবা অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে পোড়াইলে সবুজ রংয়ের পাউডার ক্রোমিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



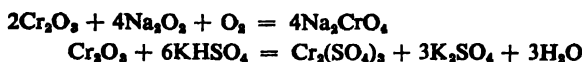
$$2Cr(OH)_3 = Cr_2O_3 + 3H_2O$$
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$$

সালফার বা কার্বনের সঙ্গে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে উচ্চতাপে পোড়াইলেও ডাইক্রোমেট বিজারিত হইয়া ক্রোমিক অক্সাইড দেয়।



$$K_2Cr_2O_7 + 2C = Cr_2O_3 + K_2CO_3 + CO$$
$$K_2Cr_2O_7 + S = Cr_2O_3 + K_2SO_4$$

এই অক্সাইড জল বা অ্যাসিডে দ্রব হয় না। সোডিয়াম পার-অক্সাইড কিংবা পটাসিয়াম বাই-সালফেট মিশ্রিত করিয়া উচ্চতাপে গলাইলে উহা যথাক্রমে ক্রোমেট বা ক্রোমিক লবণে পরিণত হয়।



$$2Cr_2O_3 + 4Na_2O_2 + O_2 = 4Na_2CrO_4$$
$$Cr_2O_3 + 6KHSO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$$

রঞ্জক পদার্থ হিসাবে (বিশেষতঃ তৈল-মাধ্যমের রঞ্জনে) সবুজ রং 'ক্রোম গ্রীন' নামে ইহা খুব ব্যবহার করা হয়। ছাপার কাজে, লিথোগ্রাফীতে এবং কাঁচ ও মৃৎশিল্পেও রঞ্জকরূপে প্রয়োগ করা হয়।

**ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড, $Cr(OH)_3$।** ক্রোমিক লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া মিশাইলে সবুজাভ আঠাল ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



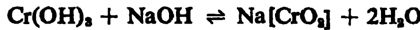
$$CrCl_3 + 3NH_4OH = Cr(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দিলে উহা সামান্য পরিমাণে দ্রবিত হইয়া ঈষৎ হাল্‌কা বেগুনী রংয়ের দ্রবণ উৎপাদন করে। বস্তুতঃ এই অবস্থায় ক্রোম-অ্যামিন জটিল-যৌগ গঠিত হয়।



$$Cr(OH)_3 + 6NH_3 = [Cr(NH_3)_6](OH)_3$$

কিন্তু কস্টিক ক্ষারে ক্রোমিক হাইড্রক্সাইডকে দ্রবিত করিলে সবুজ ক্রোমাইট লবণের দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$Cr(OH)_3 + NaOH \rightleftharpoons Na[CrO_2] + 2H_2O$$

এই দ্রবণকে ফুটাইলে আদ্র´-বিশ্লেষণে উহা পুনরায় ক্রোমিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

ক্রোমিক ক্লোরাইড, $CrCl_3$। ক্রোমিক হ্যালাইডের মধ্যে উহার ক্লোরাইডের গুরুত্বই সর্বাধিক। ক্রোমিয়াম ধাতু অথবা ক্রোমিক অক্সাইড এবং চারকোলের মিশ্রণকে যদি লোহিততাপে ক্লোরিন-গ্যাসে উত্তপ্ত করা হয় তবে লাল্‌চে-বেগুনী অনাদ্র´ ক্রোমিক ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে।



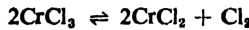
$$2Cr + 3Cl_2 = 2CrCl_3 \qquad Cr_2O_3 + 3C + 3Cl_2 = 2CrCl_3 + 3CO$$

সালফার মনোক্লোরাইড এবং ক্লোরিনের মিশ্রবাষ্পে ক্রোমিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়াও অনাদ্র´ ক্রোমিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$4Cr_2O_3 + 9Cl_2 + 3S_2Cl_2 = 8CrCl_3 + 6SO_2$$

এই লাল অনাদ্র´ ক্লোরাইড জল বা সালফিউরিক অ্যাসিডেও দ্রবিত হয় না। কিন্তু জলে সামান্য ক্রোমাস ক্লোরাইড বা অন্য কোন বিজারক থাকিলে উহাতে দ্রব হয়। উত্তাপে ক্রোমিক ক্লোরাইড কিছুটা বিয়োজিত হয়।



$$2CrCl_3 \rightleftharpoons 2CrCl_2 + Cl_2$$

সোদক ক্রোমিক ক্লোরাইড লবণ সচরাচর ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইডকে ($CrO_3$) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাইয়া তৈয়ারী করা হয়। দ্রবণটিকে আস্তে আস্তে উদ্বায়িত করিতে থাকিলে $CrCl_3,6H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত হয়।



$$2CrO_3 + 12HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 6H_2O$$

সোদক স্ফটিক জলে দ্রবণীয়। বস্তুতঃ সোদক ক্রোমিক ক্লোরাইড তিন প্রকারের; একটি নীলাভ-বেগুনী, একটি হাল্‌কা সবুজ এবং তৃতীয়টি গাঢ় সবুজ-বর্ণের। উহাদের সংরচনা বা গঠনও বিভিন্ন।

(ক) নীলাভ বেগুনী: ইহার সংকেত $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$। ইহার দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দিলে, উহার সম্পূর্ণ ক্লোরিন সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অর্থাৎ, তিনটি ক্লোরিনই দ্রবণে আয়নিত হয়। জটিল-মূলকে কোন ক্লোরিন থাকে না।

(খ) ঈষৎ-সবুজ: ইহার সংকেত, $[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2, H_2O$। ইহার দ্রবণ হইতে সিলভার নাইট্রেট কেবল দুই-তৃতীয়াংশ ক্লোরিনকে অধঃক্ষিপ্ত করিতে পারে। অপর এক-তৃতীয়াংশ আয়নিত হয় না এবং জটিল আয়নের মধ্যে বিধৃত থাকে।

(গ) গাঢ়-সবুজ: এই লবণটির সংকেত, $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl, 2H_2O$। ইহার একটি মাত্র ক্লোরিন আয়নিত হয় এবং সিলভার নাইট্রেট দ্বারা অপসারিত হয়। অপর দুইটি ক্লোরিন জটিল-আয়নে যুক্ত। দুইটি কেলাস জলের অণুও অনায়াসে উদ্বায়িত করা যায়।

আয়নিত ক্লোরিনের পরিমাণ দ্রবণের তড়িৎ-পরিবাহিতা মাপিয়াও প্রমাণ করা যায়। দেখা যায়, এইরূপ ক্রোমিক লবণের নীলাভ-বেগুনী রং $Cr^{3+}$ অথবা $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ আয়নের জন্য। পক্ষান্তরে, ক্লোরিন যখন জটিল আয়নের মধ্যে স্থান পায় এবং জলের

পরিমাণ হ্রাস পায় তখন উহার বর্ণ সবুজ হয়, যথা $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$। বস্তুতঃ এইরূপ রং-পরিবর্তন অন্যান্য ক্রোমিক যৌগতেও পরিলক্ষিত হয়।

"জৈব-রঞ্জক দ্বারা বস্ত্রাদি রঞ্জনে ক্রোমিক ক্লোরাইড রাগবন্ধক (mordant) রূপে ব্যবহৃত হয়। ক্রোমিয়ামের প্রলেপন দিতেও ইহা ব্যবহার করা হয়।"

**ক্রোমিক ফ্লুরাইড, $CrF_3$।** উত্তপ্ত ক্রোমিক ক্লোরাইডের উপর দিয়া HF-গ্যাস পরিচালিত করিলে গাঢ় সবুজ ক্রোমিক ফ্লুরাইড পাওয়া যায়। $AlF_3$-এর সঙ্গে ইহা সমাকৃতিক। সোদক ফ্লুরাইড, $[Cr(H_2O)_6]F_3$ যথারীতি বেগুনী। অন্যান্য $Cr^{3+}$ এর জটিল যৌগও তৈয়ারী করা হইয়াছে, যেমন,



$$K_3[CrF_6],\quad K_2[Cr(H_2O)F_5]$$

**ক্রোমিক ব্রোমাইড, $CrBr_3$।** ইহার প্রস্তুতি ক্লোরাইডের অনুরূপ:



$$Cr_2O_3 + 3C + 3Br_2 = 2CrBr_3 + 3CO$$

**ক্রোমিক আয়োডাইড, $CrI_3$।** অনার্দ্র আয়োডাইড যৌগটি উত্তপ্ত ধাতব ক্রোমিয়ামের উপর দিয়া নাইট্রোজেন এবং আয়োডিন বাষ্প পরিচালিত করিয়া তৈয়ারী করা হয়। কিন্তু সোদক স্ফটিক তৈয়ারী করার সময়, ক্রোমিয়াম সালফেট দ্রবণে বেরিয়াম আয়োডাইড মিশাইয়া লইতে হয়।



$$Cr_2(SO_4)_3 + 3BaI_2 = 2CrI_3 + 3BaSO_4$$

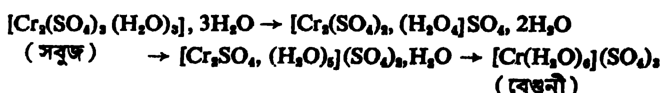
ইহা নয়টি জলের অণু লইয়া কেলাসিত হয় $CrI_3, 9H_2O$।

**ক্রোমিক সালফেট, $Cr_2(SO_4)_3$।** এই সালফেটটি ছয় হইতে আঠারো-অণু পর্যন্ত জল গ্রহণ করিয়া সোদক কেলাস গঠন করিতে পারে এবং কেলাস জলের পার্থক্যের দরুণ সোদক সালফেটসমূহ বেগুনী, ধূসর বা সবুজ রংয়ের হইতে পারে। অনার্দ্র লবণটি লাল-রংবিশিষ্ট।

বেগুনী রং-এর $Cr_2(SO_4)_3,18H_2O$ লবণটি নিম্নলিখিতভাবে প্রস্তুত করা হয়: ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড গরম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। তখন একটি সবুজ দ্রবণ পাওয়া যায়; ইহাকে কিছুদিন রাখিলে বেগুনী হইয়া যায়। অল্পমাত্রায় অ্যালকোহল যোগ করিয়া ইহাকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

উল্লিখিত বেগুনী রং-এর কেলাসকে 90°C-এ উত্তপ্ত করিলে সবুজ রং-বিশিষ্ট $Cr_2(SO_4)_3,6H_2O$ গঠিত হয়। কিন্তু লাল-রং-যুক্ত অনার্দ্র সালফেট প্রস্তুত করিতে হইলে $Cr_2(SO_4)_3,18H_2O$-কে $CO_2$ প্রবাহে 280 ~ 400°C-এ উত্তপ্ত করা হয়। বেগুনী ও সবুজ রং-এর সোদক সালফেট জলে দ্রবণীয় কিন্তু অনার্দ্র লবণটি অদ্রবণীয়।

সদ্য প্রস্তুত করা সোদক ক্রোমিক সালফেটের দ্রবণে $BaCl_2$-দ্রবণ যোগ করিলে কোনও অধঃক্ষেপ পাওয়া যায় না। কিন্তু কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে প্রথমে এক-তৃতীয়াংশ, পরে দুই-তৃতীয়াংশ, ও শেষে সমস্ত সালফেট-আয়নই অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। ইহা সোদক সালফেটটির জটিল-আয়নের বিভিন্ন পরিবর্তনের জন্য হয়, যেমন,

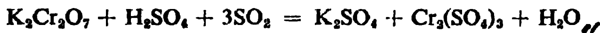


$$[Cr_2(SO_4)_3(H_2O)_3],3H_2O \rightarrow [Cr_2(SO_4)_2,(H_2O_4]SO_4,2H_2O$$
$$\text{(সবুজ)}\quad \rightarrow [Cr_2SO_4,(H_2O)_8](SO_4)_2,H_2O \rightarrow [Cr(H_2O)_6](SO_4)_3$$
(বেগুনী)

জটিল-মূলকের বহিস্থ $SO_4^{--}$ কেবলমাত্র অধঃক্ষিপ্ত করা সম্ভব।

**ক্রোম ফটকিরি** (chrome alum)। ইহাদের সাধারণ সংকেত $M_2SO_4.Cr_2(SO_4)_3.24H_2O$ (যেখানে M কোনও একযোজী আয়ন— $K^+$, $NH_4^+$ ইত্যাদি); ইহা একটি দ্বি-লবণ। সাধারণতঃ পটাসিয়াম ক্রোমিয়াম সালফেটকেই 'ক্রোম ফটকিরি' বলা হইয়া থাকে।

**প্রস্তুতি।** আম্লিক ($H_2SO_4$) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের ঠাণ্ডা দ্রবণে $SO_2$ গ্যাস চালিত করা হয় এবং কোহল যোগ করা হয়। অতঃপর এই দ্রবণটিকে 70°C-এর নীচে বাষ্পীভূত করিতে দেওয়া হয় এবং পরে শীতল করিলে বেগুনী রং-এর অষ্টতল কেলাস পাওয়া যায়।



$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

X-রশ্মির বিশ্লেষণ দ্বারা দেখা গিয়াছে, ক্রোম-ফটকিরিতে একযোজী আয়ন ও ত্রিযোজী ক্রোমিয়াম আয়ন উভয়ই ছয়টি করিয়া জলের অণুদ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। কাপড়-ছাপার কাজে বা রঞ্জনে, চামড়া পাকা করার জন্য ক্রোম-অ্যালাম যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়।

**ক্রোমিক নাইট্রেট,** $Cr(NO_3)_3,9H_2O$। অতিরিক্ত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে ক্রোমিক হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ হইতে বেগুনী রং-য়ের কেলাসরূপে পাওয়া যায়। এই নাইট্রেটের দ্রবণ গরম করিলে উহা সবুজ হইতে থাকে। কিন্তু ঠাণ্ডা করিলে দ্রুতই উহার বেগুনী রং ফিরিয়া পায়।

**ক্রোমিক অ্যাসিটেট,** $Cr(CH_3COO)_3$। ক্রোমিক হাইড্রক্সাইডকে অ্যাসিটিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ক্রোমিক অ্যাসিটেটের যে সবুজ দ্রবণ পাওয়া যায় উহা রঞ্জন-শিল্পে রাগবন্ধকরূপে ব্যবহৃত হয়।

ক্রোমিক অ্যাসিটেটে অতিরিক্ত KCN-দ্রবণ যোগ করিলে সবুজ রংয়ের পটাসিয়াম ক্রোমিয়াম সায়ানাইড, $K_3[Cr(CN)_6]$ কেলাসিত হয়। ইহা $K_3[Fe(CN)_6]$-এর সহিত সমাকৃতিক।

## ষড়্‌যোজী ক্রোমিয়াম যৌগ

*ইহাই ক্রোমিয়ামের সর্বোচ্চ যোজ্যতা। এই যোজ্যতায় যে সকল যৌগ জানা রহিয়াছে, তাহার অধিকাংশই অক্সি-যৌগ এবং উহারা শক্তিশালী জারক দ্রব্য।*

**ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড,** $CrO_3$। প্রস্তুতিঃ পটাসিয়াম ক্রোমেট বা ডাইক্রোমেটের সম্পৃক্ত দ্রবণে অধিক মাত্রায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইডের ঘোর লাল কেলাস গঠিত হয়। উহা অ্যাসবেসটস অথবা কাচ-উলের মধ্য-দিয়া ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। সালফেট আয়নকে মুক্ত করার জন্য যৌগটিকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ধুইয়া লওয়া হয়। পরে উহাকে 60—80°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহে শুকাইয়া লওয়া হয়।



$$K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_4 = 2CrO_3 + 2KHSO_4 + H_2O$$

**ধর্ম ঃ** ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড (গলনাঙ্ক, 197°C) উদ্‌গ্রাহী পদার্থ। ইহা একটি বিষ;

জলে দ্রাব্য এবং তীব্র আম্লিক-প্রকৃতির। এই দ্রবণে ডাইক্রোমিক অ্যাসিড, $H_2Cr_2O_7$ আছে মনে করা হয়। উহার সঙ্গে বিভিন্ন পলি-অ্যাসিডও আছে; যথা, $H_2Cr_3O_{10}$।



$$2CrO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_2CrO_4 \rightleftharpoons H_2Cr_2O_7 + H_2O$$

(ক) 200°C-এর অধিক উষ্ণতায় গরম করিলে উহা ভাঙিয়া ক্রোমিক অক্সাইড ও অক্সিজেন দেয়।



$$4CrO_3 = 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

(খ) গাঢ় ও উষ্ণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ইহা ক্রোমিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$$2CrO_3 + 12HCl = 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 6H_2O$$

(গ) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা ক্রোমেট এবং ডাইক্রোমেট দুই রকমের লবণ দেয়।



$$CrO_3 + Na_2CO_3 = Na_2CrO_4 + CO_2$$

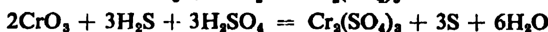


$$2CrO_3 + Na_2CO_3 = Na_2Cr_2O_7 + CO_2$$

(ঘ) ইহা তীব্র জারক। $SO_2$, $H_2S$, $FeSO_4$ প্রভৃতি বিজারক ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড দ্রবণ দ্বারা খুব সহজে জারিত হয়। আর ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড ক্রোমিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যেমন,



$$2CrO_3 + 3SO_2 = Cr_2(SO_4)_3$$



$$2CrO_3 + 3H_2S + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 3S + 6H_2O$$

কোহল, কাগজ, চিনি প্রভৃতি জৈব যৌগ ক্রোমিক অ্যাসিডের সংস্পর্শেই জারিত হইতে থাকে।

ক্রোমিল ক্লোরাইড, $CrO_2Cl_2$। প্রস্তুতি: $K_2Cr_2O_7$, NaCl ও গাঢ় সালফিউ-রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে পাতিত করিয়া ইহা তৈয়ারী করা হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ,



$$K_2Cr_2O_7 + 2H_2SO_4 = 2CrO_3 + 2KHSO_4 + H_2O$$



$$4NaCl + 4H_2SO_4 = 4NaHSO_4 + 4HCl$$



$$2CrO_3 + 4HCl = 2CrO_2Cl_2 + 2H_2O$$



$$K_2Cr_2O_7 + 4NaCl + 6H_2SO_4 = 2CrO_2Cl_2 + 2KHSO_4 + 4NaHSO_4 + 3H_2O$$

ঘোর লাল বাষ্পাকারে ইহা উৎপন্ন হয়। গ্রাহকে ঠাণ্ডা করিয়া তরলাকারে ইহা সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম: এই ধূমায়মান তরলটির স্ফুটনাঙ্ক 116°C।

(ক) ইহা জলের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণে ক্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$CrO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2CrO_4 + 2HCl$$

(খ) কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহা সোডিয়াম ক্রোমেট উৎপন্ন করে।



$$CrO_2Cl_2 + 4NaOH = Na_2CrO_4 + 2NaCl + 2H_2O$$

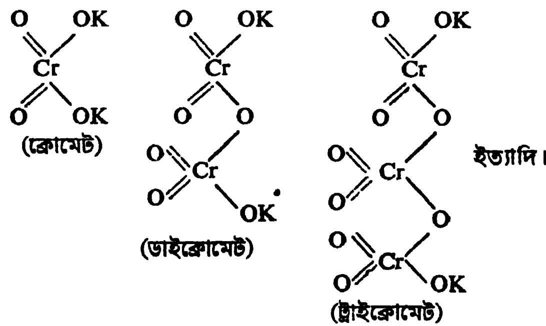
(গ) ইহা শক্তিশালী জারকদ্রব্য, ক্লোরিনযুক্ত পদার্থ প্রস্তুত করণে প্রয়োজন হয়। ইহা সালফার, ফসফরাস, অ্যামোনিয়া ও জৈববস্তুর উপস্থিতিতে জ্বলিয়া উঠে।

ক্রোমিল ক্লোরাইডের মত উপরোক্ত উপায়ে ক্রোমিল ব্রোমাইড ও আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায় না (যেমন, ঐ অবস্থায় NaCl-এর পরিবর্তে NaBr ব্যবহার করিলে $Br_2$ বাষ্প পাওয়া যায়)। এই জন্যই এইরূপ বিক্রিয়ার দ্বারা ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের উপস্থিতিতে ক্লোরাইডের সনাক্তকরণ সম্ভব।

**ক্রোমেট, ডাই-ক্রোমেট ও পলিক্রোমেট লবণ।** $M_2^1[CrO_4]$ এই সাধারণ সংকেত-যুক্ত লবণসমূহকে 'ক্রোমেট' লবণ বলা হয়। ক্যাটায়ন নিরপেক্ষভাবে ইহারা হলুদ বর্ণের হইয়া থাকে। ক্রোমেট লবণকে আম্লিক করিলে কমলা রং-এর ডাইক্রোমেটে পরিবর্তিত হয়। তখন ইহাদের সাধারণ সংকেত, $M_2^1[Cr_2O_7]$।

সমস্ত ক্ষারধাতুর ক্রোমেট লবণ জলে দ্রবীভূত হয়। মৃৎক্ষারীয় ধাতুর ক্রোমেটের বেলায়, ম্যাগনেসিয়াম হইতে বেরিয়াম পর্যন্ত দ্রাব্যতা কমিতে থাকে ($MgCrO_4 > CaCrO_4 > SrCrO_4 > BaCrO_4$)। ভারীধাতু যেমন, Pb, Bi, Ag ও Hg-এর ক্রোমেট লবণসমূহ অদ্রাব্য অথবা প্রায় অদ্রাব্য। কিন্তু ইহাদের অধিকাংশ ডাইক্রোমেট লবণ ($Ag_2Cr_2O_7$ বাদে) দ্রাব্য।

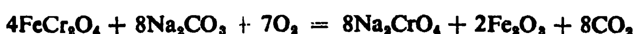
$K_2Cr_2O_7$-কে অতিরিক্ত $CrO_3$-দ্বারা অথবা নাতিঘন $HNO_3$ দ্বারা ফুটাইলে, উহার ট্রাই-ক্রোমেট, $K_2Cr_3O_{10}$ পাওয়া যায়। উহা আরও ঘন $HNO_3$-এর সহিত বিক্রিয়ায় টেট্রাক্রোমেট, $K_2Cr_4O_{13}$ দিয়া থাকে; এই দুইটি লবণের রং যথাক্রমে গাঢ় লাল ও বাদামী লাল। গঠনের দিক দিয়া ক্রোমেট, ডাই-ক্রোমেট, পলিক্রোমেট লবণসমূহকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা সম্ভব।




শিল্পে ক্রোমেট ও ডাই-ক্রোমেট খুব প্রয়োজন হয়। জারক দ্রব্য হিসাবেই ইহাদের প্রধান ব্যবহার। জৈব যৌগসমূহ, যেমন, অ্যানথ্রাকুইনন, বেনজয়িক অ্যাসিড, কুইনন, কৃত্রিম কর্পূর ইত্যাদি প্রস্তুতিতে; বিস্ফোরক দ্রব্য ও জ্বলন-সহায়ক দ্রব্য উৎপাদনে ইহাদের ব্যবহার দেখা যায়। চামড়াশিল্পে, কালি-তৈরীতে, রঙীন ছাপার কাজে, ফটোগ্রাফীতেও ইহারা ব্যবহৃত হয়।

**ক্রোমেট ও ডাইক্রোমেট লবণের শিল্পোৎপাদন।** ক্রোমাইট খনিজ হইতে ইহা করা হয়। সোডিয়াম ক্রোমেট প্রস্তুত করিতে হইলে গুঁড়া ক্রোমাইট, $Na_2CO_3$ ও কলিচুন-এর মিশ্রণ একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে মুক্ত বায়ুতে লোহিত-তপ্ত (1000~1300°C) করা হয়। ক্রোমিয়াম জারিত হইয়া ক্রোমেটে ও আয়রণ ফেরিক অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। চুন

যোগ করায় মিশ্রণটিকে ঝাঁঝরা অবস্থায় থাকিতে সাহায্য করে। ইহাতে বিক্রিয়ক মিশ্রণের সকল জায়গায় বায়ু ঢুকিতে পারে; তাহা ছাড়া চুন গলন রোধ করে।



$$4FeCr_2O_4 + 8Na_2CO_3 + 7O_2 = 8Na_2CrO_4 + 2Fe_2O_3 + 8CO_2$$

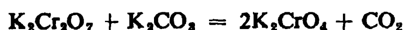
এর পর, উহাকে শীতল করা হয় এবং নলে দ্রবীভূত করিয়া সোডিয়াম ক্রোমেট-এর দ্রবণ সংগ্রহ করা হয়। এই দ্রবণকে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে সোদক $Na_2CrO_4$ পাওয়া যায়। এর পর সোডিয়াম ডাইক্রোমেট প্রস্তুত করিতে হইলে গাঢ় সোডিয়াম ক্রোমেটের দ্রবণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে যোগ করা হয়। সোডিয়াম সালফেট এবং সোডিয়াম ডাইক্রোমেট উৎপন্ন হয়।



$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + Na_2Cr_2O_7 + H_2O$$

উৎপন্ন অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেটকে আংশিক কেলাসনে প্রথমে পৃথক করিয়া লওয়া হয়। এখন অবশিষ্ট দ্রবণটিকে বাষ্পায়িত করিয়া গাঢ় দ্রবণে ( ঘনত্ব 1.7 ) রূপান্তরিত করা হয়। ঠাণ্ডা করিলে উদ্গ্রাহী $Na_2Cr_2O_7,2H_2O$ পাওয়া যায়।

পটাসিয়াম ক্রোমেট, $K_2CrO_4$ প্রস্তুত করিতে হইলে ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড অথবা পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের দ্রবণে নির্দিষ্ট মাত্রার $K_2CO_3$ বা KOH যোগ করিয়া ঐ দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করা হয়।



$$K_2Cr_2O_7 + K_2CO_3 = 2K_2CrO_4 + CO_2$$

পরে উহাকে শীতল করিলে হলুদ রং-এর সুন্দর কেলাস পৃথক হইতে থাকে। ইহা $K_2SO_4$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয়।



$$CrO_4^{--} + H_2O \rightleftharpoons HCrO_4^- + OH^-$$

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট, $K_2Cr_2O_7$। সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের ন্যায় পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটও ক্রোমাইট হইতে পাওয়া যাইতে পারে। তবে এইক্ষেত্রে $Na_2CO_3$-এর পরিবর্তে $K_2CO_3$ ব্যবহার করিতে হয়। আবার সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণে পটাসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিলেও সোজাসুজি উজ্জ্বল কমলা রং-এর $K_2Cr_2O_7$ গঠিত হয়।



$$Na_2Cr_2O_7 + 2KCl = K_2Cr_2O_7 + 2NaCl$$

ইহা সোডিয়াম ডাইক্রোমেটের ন্যায় উদ্গ্রাহী নয়। ইহাকে কেলাসন-প্রক্রিয়া দ্বারা খুবই বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যাইতে পারে। এই কারণে ইহাকে জারণ-বিজারণ টাইট্রেশন প্রক্রিয়ায় মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ (primary standard) হিসাবে ব্যবহৃত করা হয়।

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটকে অধিক উত্তপ্ত করিলে ইহা $K_2CrO_4$, $Cr_2O_3$ও অক্সিজেন দেয়।



$$4K_2Cr_2O_7 = 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$$

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট একটি তীব্র জারক-দ্রব্য। আম্লিক দ্রবণে ইহা $H_2S$, $SO_2$, $Fe^{++}$, আয়োডাইড প্রভৃতিকে জারিত করে। অ্যাসিড দ্রবণে প্রতিটি ডাইক্রোমেট অণু হইতে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু জারণকার্যে পাওয়া যায়।



$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 3O$$

অতএব,



$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6FeSO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Fe_2(SO_4)_3 + 7H_2O$$



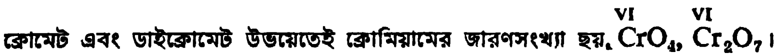
$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6KI = 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$



$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S + 7H_2O$$

এই সকল জারণ প্রক্রিয়া মাত্রিক দিক দিয়া সম্পূর্ণ, তাই পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ মুখ্য প্রমাণ শক্তির দ্রবণ হিসাবে ব্যবহার করিয়া ফেরাস লবণ বা আয়োডাইডের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

পূর্বেই বলা হইয়াছে অম্ল-দ্রবণে ক্রোমেট ডাইক্রোমেটে পরিণত হয়, আবার ক্ষারের উপস্থিতিতে ডাইক্রোমেট ক্রোমেটে রূপান্তরিত হয়। ইহাতে জারণ-বিজারণ ঘটে না,



ক্রোমেট এবং ডাইক্রোমেট উভয়েতেই ক্রোমিয়ামের জারণসংখ্যা ছয়, $\overset{VI}{Cr}O_4$, $\overset{VI}{Cr_2}O_7$।

**অ্যামোনিয়াম ক্রোমেট ও অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট।** ইহারা পটাসিয়ামের উল্লিখিত দুই লবণের মতই অনার্দ্র অবস্থায় কেলাসিত হয়। ক্রোমিক অ্যাসিডের সহিত নির্দিষ্ট-মাত্রার অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় $(NH_4)_2Cr_2O_7$ পাওয়া যায়। কিন্তু অতিরিক্তমাত্রার অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় $(NH_4)_2CrO_4$ উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়াম ক্রোমেট অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী; ইহা স্বতঃস্ফূর্তভাবে অ্যামোনিয়া ত্যাগ করে। অ্যামোনিয়াম ডাই-ক্রোমেট উত্তাপ প্রয়োগে বিস্ফোরণসহ ভাঙিয়া নাইট্রোজেন ও সবুজ রং-এর $Cr_2O_3$ দেয়।



$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2 + 4H_2O$$

**লেড ক্রোমেট,** $PbCrO_4$ ( ক্রোম-হলুদ chrome yellow)) ক্রোমেটের অথবা ডাই-ক্রোমেটের দ্রবণে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ করিলে লেড-ক্রোমেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। তবে ডাই-ক্রোমেটের দ্রবণ হইতেই $PbCrO_4$ অপেক্ষাকৃত ভালভাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Pb^{++} + CrO_4'' = PbCrO_4; \quad Pb^{++} + Cr_2O_7'' \rightleftharpoons PbCrO_4 + CrO_3$$

$PbCrO_4$, জল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া এমন কি, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণেও অদ্রাব্য অথবা নগণ্য পরিমাণে দ্রাব্য। তবে ইহা কস্টিক ক্ষারে খুবই দ্রাব্য।



$$PbCrO_4 + 4NaOH = Na_2PbO_2 + Na_2CrO_4 + 2H_2O$$

ক্ষারকীয় লেডক্রোমেট $PbCrO_4$, $PbO$ ( ক্রোম-রেড ) লেড ক্রোমেটের সহিত অল্পমাত্রায় ঠাণ্ডা লঘু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের বিক্রিয়ায় এই জাতীয় যৌগ উৎপন্ন হয়। অধিক মাত্রার $PbCrO_4$-এর সহিত ইহা মিশাইয়া 'ক্রোম অরেঞ্জ' প্রস্তুত করা হয়। ইহারা প্রত্যেকেই প্রয়োজনীয় রং (pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

## পার-ক্রোমেট যৌগসমূহ

অ্যাসিডযুক্ত ক্রোমেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করিলে গাঢ় নীল রং-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। উহাকে ইথার-মাধ্যমে সংগ্রহ করা যাইতে পারে। এই নীল রংটি ক্রোমিয়ামের পার-অক্সাইড $(CrO_5)$ গঠনের জন্য হয়।



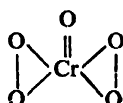
$$H_2Cr_2O_7 + 4H_2O_2 = 2CrO_5 + 5H_2O$$

ইথার দ্রবণে সম্ভবতঃ অস্থায়ী সবর্গ-যৌগ, $[(C_2H_5)_2O \rightarrow CrO_5]$ গঠন করে। তবে পিরিডিন, ট্রাইইথাইল অ্যামিন প্রভৃতি জৈব-ক্ষারের উপস্থিতিতে নীল রং-এর স্থায়ী যৌগের কেলাস গঠিত হয়। (যেমন, $C_5H_5N \rightarrow CrO_5$)। লঘু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে এই যৌগটি সহজেই ভাঙিয়া নীলাভ সবুজ রং-এর ক্রোমিক লবণে পরিবর্তিত হয়।

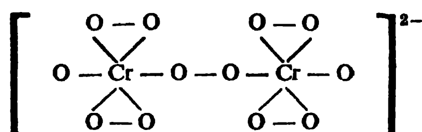


$$4CrO_5 + 6H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 7O_2$$

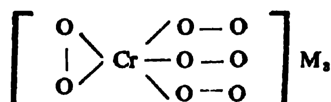
পূর্বে ক্রোমিয়ামের এই পার-অক্সাইডকে পার-ক্রোমিক অ্যাসিড, $HCrO_5$ বলিয়া ভুল করা হইত। এখন বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে উহার সংকেত $CrO_5$ আর ইহার গঠন হইবে—



ক্রোমিয়াম পার-অক্সাইডের ইথার দ্রবণকে অতিরিক্ত $H_2O_2$ ও অ্যালকোহলযুক্ত KOH-এর মিশ্রণদ্বারা বিক্রিয়া করাইলে নীল রং-এর পারক্রোমেট লবণ $K_2Cr_2O_{12},2H_2O$ গঠিত হয়। একই জাতীয় থ্যালাস লবণ $Tl_2Cr_2O_{12}$ (অনার্দ্র) ও জানা রহিয়াছে। ইহার সংরচনা:



ক্ষারীয় ক্রোমেট দ্রবণ ও 30% $H_2O_2$-এর বিক্রিয়ায় (0°C.-এর নীচে) লাল রং-এর পার-ক্রোমেট লবণ, $M_3CrO_8$ উৎপন্ন হয়। ইহারা স্থায়ী যৌগ, তবে অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ইহা অক্সিজেন দেয় ও নীল রং-এর পারক্রোমেটে পরিণত হয়। এই পারক্রোমেট লবণটির গঠন নিম্নলিখিতভাবে দেওয়া যাইতে পারে:



তবে এই যৌগটিতে Cr-এর যোজ্যতা হইল 5 (অন্যান্য পার-যৌগ যাহাদের কথা উপরে বলা হইল উহাতে Cr-এর যোজ্যতা 6)।

**ক্রোমিয়াম লবণের পরীক্ষা।** কোন দ্রবণে ক্রোমিয়াম-লবণ সনাক্ত করিতে হইলে উহা নিম্নলিখিতভাবে করা যায়।

(ক) দ্রবণটিকে অ্যাসেটিক অ্যাসিডদ্বারা আম্লিক করিয়া উহাতে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ যোগ করা হয়। তখন লেডক্রোমেটের হলুদ অধঃক্ষেপ পড়ে।

(খ) দ্রবণটিকে সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা আম্লিক করিয়া উহাতে ইথার ও সোডিয়াম পার-অক্সাইড যোগ করা হয়। ইহাতে ইথারীয় স্তরটি নীল হইয়া যায় (ক্রোমিয়াম পার-অক্সাইড গঠিত হয়)।

ক্রোমিয়াম লবণ-এর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে—(ক) প্রথমে ক্রোমিক লবণকে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া ক্রোমিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

উহাকে ধুইয়া, শুকাইয়া পোড়াইয়া ওজন করা হয়। ( $Cr_2O_3$-এর ওজন পাওয়া যায়)। অথবা, (খ) ক্রোমিয়ামকে প্রথমে ডাইক্রোমেটে পরিবর্তিত করা হয়। পরে উহাকে প্রমাণ ফেরাস সালফেট দ্রবণদ্বারা টাইট্রেশন করিয়া উহার মাত্রা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

## অনুশীলনী

১। পর্যায়-সারণীতে ক্রোমিয়ামের স্থান আলোচনা কর। আকরিক হইতে কিরূপে বিশুদ্ধ ক্রোমিয়াম, ক্রোম-ফটকিরি, ক্রোমিক অ্যানহাইড্রাইড এবং ক্রোমিক ক্লোরা-ইড পাওয়া যাইবে?

২। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের উৎপাদন ও ব্যবহার উল্লেখ কর।
পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট হইতে শুরু করিয়া নিম্নলিখিত যৌগগুলি প্রস্তুত কর। (ক) ক্রোমিক অ্যানহাইড্রাইড, (খ) ক্রোম-ফটকিরি, (গ) ক্রোমিল ক্লোরাইড, (ঘ) পটাসিয়াম ক্রোমেট।

৩। নিম্নলিখিত ক্রোমিয়ামের যৌগসমূহের প্রস্তুতি, প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার লিখ: অ্যামোনিয়াম ডাই-ক্রোমেট, ক্রোমিয়াম পার-অক্সাইড, 'ক্রোম-গ্রীণ', পটাসিয়াম ক্রোমেট। 'ক্রোম-প্রলেপন' সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

পরিচ্ছেদ ২০

# VIB-উপশ্রেণীর মৌল

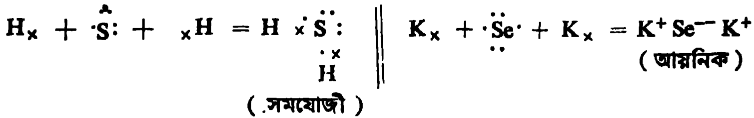
## অক্সিজেন ও সালফার

অক্সিজেন, সালফার, সেলেনিয়াম, টেলুরিয়াম এবং পলোনিয়াম—এই পাঁচটি মৌল লইয়া ষষ্ঠশ্রেণীর B-উপশাখা গঠিত। অক্সিজেন এবং সালফার প্রথম দুই পর্যায়ে স্থান পাইয়াছে এবং উহারা এই শ্রেণীর আদর্শ মৌল। পূর্বের অধ্যায়ে দেখান হইয়াছে সালফার বাস্তবিক পক্ষে A এবং B এই দুই উপশ্রেণীর মধ্যে সেতুস্বরূপ, উহাতে দুই উপশ্রেণীরই গুণাগুণ খানিকটা বর্তমান। আদর্শ হইলেও অক্সিজেন ও সালফারের সেলেনিয়াম এবং টেলুরিয়ামের সঙ্গে যথেষ্ট মিল রহিয়াছে, যেজন্য এই চারটি মৌলকেই এক গোষ্ঠিভুক্ত মনে করা হয়। পঞ্চম মৌল পলোনিয়াম তেজস্ক্রিয় ধাতু এবং পরিমাণে অত্যন্ত কম পাওয়া যায়; তাছাড়া উহার অপরাপর বৈশিষ্ট্যের জন্য উহাকে পৃথক ধরা হয়। অন্য চারিটি মৌলই বিভিন্ন ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া প্রাকৃতিক খনিজে অক্সাইড, সালফাইড, সেলেনাইড ইত্যাদি রূপে পাওয়া যায়। এই জন্য আকরিক গঠনকারী 'চাল্‌কোজেন' ( chalcogens ) নামেও উহাদের উল্লেখ করা হয়। যদিও উহাদের প্রথম দুইটিকে মুক্তাবস্থায় প্রকৃতিতে যথেষ্ট পাওয়া যায়। যে সমস্ত সাদৃশ্যের জন্য এই চারটি মৌলকে একই উপশ্রেণীতে স্থান দেওয়া যুক্তিগত হইয়াছে তাহার মোটামুটি তুলনা করা হইতেছে।

**২০-১। VI-B উপশ্রেণীর মৌল চতুষ্টয়ের তুলনা।** (ক) ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে এই চারিটি মৌলের (O, S, Se, Te) ভৌত এবং রাসায়নিক উভয় ধর্মেরই ক্রম-পরিবর্তন দেখা যায়। ঘনত্ব, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক সবই ক্রমান্বয়ে ধারাবাহিকভাবে বাড়িতে থাকে। সব কয়টি মৌলেই বহুরূপতা দেখা যায়। অক্সিজেন এবং সালফার অবশ্যই অধাতু, কিন্তু ক্রমাঙ্কের সঙ্গে ধাতব-গুণ তথা বিদ্যুৎ-পরাধর্মিতা বাড়িতে থাকে। সেলেনিয়াম এবং টেলুরিয়ামের মধ্যে ধাতব প্রকৃতিও পরিলক্ষিত হয়, এই কারণে এই দুইটিকে ধাতুকল্প বলা হয়। উহাদের সাধারণ ভৌত-ধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল।

| ধর্ম | অক্সিজেন | সালফার | সেলেনিয়াম | টেলুরিয়াম |
|---|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 8 | 16 | 34 | 52 |
| বহিঃস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস | $2s^2 2p^4$ | $3s^2 3p^4$ | $4s^2 4p^4$ | $5s^2 5p^4$ |
| পাঃ গুরুত্ব | 16.00 | 32.066 | 78.96 | 127.61 |
| পাঃ আয়তন/সিসি | 12.6 | 15.5 | 16.5 | 20.4 |
| ঘনত্ব (গ্রাম/সিসি) | 1.27 (গলনাঙ্কে) | 2.06 (রম্বিক) | 4.82 (ধূসর) | 6.25 |
| গলনাঙ্ক, °C | −218.9 | 119.6 | 220.2 | 450 |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | −182.96 | 444.6 | 688 | 1390 |
| অপরাধমিতা | 3.5 | 2.5 | 2.4 | ·2.1 |

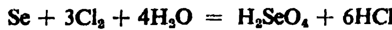
(খ) দেখা যাইতেছে, প্রত্যেকটি মৌলের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে মোট ছয়টি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং, আরও দুইটি ইলেকট্রন সংগ্রহ করিয়া উহারা নিষ্ক্রিয় গঠন পাইতে পারে। এই জন্য উহাদের দ্বিযোজী যৌগ গঠন করিতে দেখা যায়। এই দ্বিযোজী যৌগ সমযোজী বা আয়নযোজী উভয়ই হইতে পারে; যেমন,



তাহা ছাড়া, উহাদের সর্বাধিক সমযোজ্যতা ছয়; যেমন, $SF_6$, $SO_3$, ইত্যাদিতে।

ক্রমাঙ্কের সঙ্গে বিদ্যুৎ-পরাধর্মিতা বাড়িতে থাকে ইহা মনে রাখিলে উহাদের যৌগগুলির ধর্মও সহজে বোঝা যায়। এই যৌগগুলিতে ধর্মের ক্রমান্বয়তা সুপরিস্ফুট। তবে একটা কথা স্মরণ রাখিতে হইবে এই শ্রেণীর শীর্ষ-মৌলে অক্সিজেনের কিছু স্বাতন্ত্র্য আছে। ইহা সাধারণ অবস্থায় গ্যাস এবং ইহার বৈশিষ্ট্য জারণ-ক্রিয়া ও অপরের দহন-সহায়তা। অন্যান্য তিনটি মৌল কঠিনাকার এবং উহাদের অক্সিজেনের মত অত জারণ-গুণ নাই।

(গ) **অক্সাইড ও অক্সি অ্যাসিড :** অক্সিজেন গ্যাস অন্যদের ত বটেই, স্ব-শ্রেণীরই অপর তিনটি মৌলকেও দহনে সহায়তা করিয়া উহাদের $XO_2$ অক্সাইডে পরিণত করে; $SO_2$, $SeO_2$, $TeO_2$। কখন কখনও $XO_3$ও উৎপন্ন হয়। $XO_2$ অম্লজাতীয় এবং উহাদের অ্যাসিড সচরাচর $H_2XO_3$ হইয়া থাকে। কিন্তু প্রায়শঃই আরও অক্সি-অ্যাসিডও দেখা যায়; যেমন, $H_2SO_4$, $H_2SeO_4$, $H_6TeO_6$ ইত্যাদি। এই সকল অ্যাসিড উচ্চতর অক্সাইড হইতে অথবা মৌলের সরাসরি জারণ হইতে পাওয়া যায়।



$$Se + 3Cl_2 + 4H_2O = H_2SeO_4 + 6HCl$$

$TeO_2$-এর কিছু মৃদু-ক্ষারীয় প্রকৃতি আছে এবং প্রকৃতপক্ষে উহা উভধর্মী অক্সাইড। উহারা টেলুরাইট লবণ $K_2TeO_3$ জানা আছে আবার নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে উহার ক্ষারীয়-লবণ $2TeO_2, HNO_3$ও পাওয়া যায়। উহাদের বেরিয়াম লবণের দ্রাব্যতা হইতেও ক্রমান্বয়তা বোঝা যায়। জলে দ্রাব্যতা—$BaSO_4$ অদ্রাব্য, $BaSeO_4$ সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু $BaTeO_4$ যথেষ্ট দ্রাব্য।

(ঘ) **হাইড্রাইড :** চারিটি মৌলেরই একই রকম মৃদু আম্লিক $H_2X$ হাইড্রাইড ($X = O, S, Se, Te$) আছে। ক্রমাঙ্ক-বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের স্থায়িত্ব কমে কিন্তু অম্লত্ব বৃদ্ধি পায়, স্ফুটনাঙ্কও বাড়ে; যথা, $H_2S(-62°C)$, $H_2Se(-42°C)$, $H_2Te$ $(0°C)$। এই ক্ষেত্রেও অক্সিজেনের স্বাতন্ত্র্য আছে, উহার স্ফুটনাঙ্ক অনেক কম হওয়া উচিত, কিন্তু হাইড্রোজেন-বন্ধন হেতু একাধিক অণু সংগুণিত থাকায়, উদ্বায়িতা কমিয়া যায়, তাই উহার স্ফুটনাঙ্ক সর্বাধিক $(100°C)$।

(ঙ) **ফ্লুরাইড :** তিনটি মৌলই (অক্সিজেন ব্যতিরেকে) ফ্লুরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া $XF_6$ ফ্লুরাইড গঠন করে। এই হেক্সাফ্লুরাইডগুলি বর্ণহীন গ্যাস। $SF_6$ এবং $SeF_6$ জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু $TeF_6$ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া টেলুরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$TeF_6 + 6H_2O = 6HF + H_6TeO_6$$

$XF_4$ অর্থাৎ উহাদের টেট্রাফ্লুরাইডও আছে। উহারা বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে তৈয়ারী হয়, সাক্ষাৎ-সংযোগে পাওয়া যায় না। যেমন,



$$S + 4CoF_3 = SF_4 + 4CoF_2 ; \quad SeCl_4 + 4AgF = SeF_4 + 4AgCl$$

(চ) **ক্লোরাইড:** উহাদের টেট্রাক্লোরাইড সমূহও জানা আছে $SCl_4$, $SeCl_4$, $TeCl_4$। $SCl_4$ অস্থায়ী, কিন্তু অপর দুইটি স্থায়ী কঠিন যৌগ। আবার, $S_2Cl_2$, $Se_2Cl_2$, $Se_2Br_2$, প্রভৃতি একই প্রকারের দ্ব্যনুক হ্যালাইডও জানা আছে। অক্সি-হ্যালাইডরূপে দুই রকমের যৌগ উৎপাদনে উহাদের ক্ষমতা দেখা যায়; $SOF_2$, $SeOF_2$, $SOBr_2$, $SeOBr_2$... ; আবার $SO_2F_2$, $SeO_2F_2$, $SO_2Cl_2$, ইত্যাদি।

## অক্সিজেন

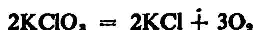
চিহ্ন O, ক্রমাঙ্ক 8, পা: গুরুত্ব 16.00, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^22s^22p^4$

সুইডেনবাসী শীলে, ইংরেজ প্রিস্টলী এবং ফরাসী দেশের লাভয়সিয়র অষ্টাদশ শতাব্দীর এই তিন জন বিখ্যাত বৈজ্ঞানিকের নাম অক্সিজেন আবিষ্কারের ইতিহাসের সহিত জড়িত। প্রায় একই সময়ে তাঁহারা প্রত্যেকে স্বতন্ত্র উপায়ে এই গ্যাসটির সন্ধান পাইয়াছিলেন।

মৌলসমূহের ভিতর পৃথিবীতে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক। পৃথিবীর বস্তু-সমষ্টির প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন। জল, মাটি, বায়ু, বহু খনিজ পদার্থ এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগতের বিভিন্ন উপাদানে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে বর্তমান। বাতাসে মৌলিক অবস্থায় এবং অন্যান্য পদার্থে যৌগিক অবস্থায় অক্সিজেন পাওয়া যায়। বায়ুর আয়তনের শতকরা 20.9 ভাগ এবং জলের ওজনের শতকরা 88.8 ভাগ অক্সিজেন।

**২০–২ প্রস্তুতি।** (১) অক্সিজেন-বহুল কোন কোন যৌগিক পদার্থ, (২) জল এবং (৩) বায়ু হইতে সচরাচর অক্সিজেন প্রস্তুত হয়।

(ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি:** ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিয়া উহার বিভাজন হইতে অক্সিজেন তৈয়ারী করা হয়। সর্বদাই অনুঘটক হিসাবে ক্লোরেটের সঙ্গে এক চতুর্থাংশ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়া শেষে উহাকে সম্পূর্ণ ফিরিয়া পাওয়া যায়।



$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড না দিয়া কেবলমাত্র পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। তাপ-প্রয়োগ করিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রথমে 357°C উষ্ণতায় গলিয়া যায় এবং ধীরে ধীরে পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডে পরিবর্তিত হইতে থাকে।



$$4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl \quad (357°C)$$

আরও তাপবৃদ্ধি করিয়া 380°C উষ্ণতায় পৌঁছিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অল্প অল্প অক্সিজেন বাহির হইতে থাকে।



$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

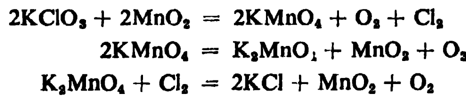
কিন্তু এই সময় ক্লোরেট দ্রুত পারক্লোরেটে পরিবর্তিত হইয়া যাইতে থাকে এবং অক্সিজেন উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। আরও অনেক বেশী উত্তপ্ত করিলে 610°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম পারক্লোরেট গলিয়া যায় এবং পারক্লোরেট হইতে আবার অক্সিজেন বাহির হইতে থাকে।



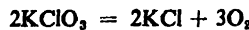
$$KClO_4 = KCl + 2O_2 \ (630°C)$$

কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দিলে অনেক কম উষ্ণতায় (240°C) অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং ক্লোরেটের বিযোজনটিও অনেক দ্রুত-গতিতে সম্পন্ন হয়।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড কিভাবে বিক্রিয়াটিকে ত্বরান্বিত করে তাহার একাধিক ব্যাখ্যা দেওয়া হইয়াছে। ম্যাকলিয়ড বলেন, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ক্লোরেট দ্বারা প্রথমে পারম্যাঙ্গানেটে পরিবর্তিত হয় এবং পরে আবার উহার বিভাজনে পুনরায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

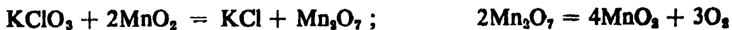


$$2KClO_3 + 2MnO_2 = 2KMnO_4 + O_2 + Cl_2$$
$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$
$$K_2MnO_4 + Cl_2 = 2KCl + MnO_2 + O_2$$



$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

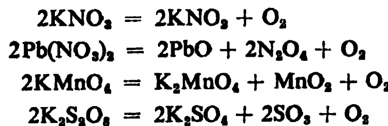
পক্ষান্তরে, ফাউলার এবং গ্রান্ট মনে করেন, একটি উচ্চতর অক্সাইডের মাধ্যমে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড কাজ করে।



$$KClO_3 + 2MnO_2 = KCl + Mn_2O_7 ; \qquad 2Mn_2O_7 = 4MnO_2 + 3O_2$$

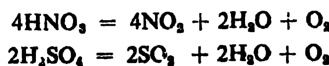
ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে অন্যান্য অনুঘটক, যেমন, কপার অক্সাইড, ফেরিক অক্সাইড, ইত্যাদিও অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(খ) পটাসিয়াম ক্লোরেটের মত আরও অন্যান্য অনেক অক্সিজেন-বহুল পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। নিম্নে এইরূপ কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল:



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 2N_2O_4 + O_2$$
$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$
$$2K_2S_2O_8 = 2K_2SO_4 + 2SO_3 + O_2$$

এমন কি, গাঢ় নাইট্রিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিড যদি ফোঁটা ফোঁটা করিয়া লোহিত-তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফেলা হয় তবে উহাদের অণুগুলি ভাঙিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়:

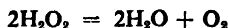


$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

(গ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং বিভিন্ন ধাতব পার-অক্সাইড হইতে খুব সহজে অক্সিজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

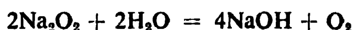
সাধারণতঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বতঃভঙ্গুর। উহা নিজ হইতেই বিশ্লেষিত

হইয়া জল ও অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়া যায়। উত্তাপ অথবা বিচূর্ণ প্লাটিনাম, গোল্ড, বালু ইত্যাদির উপস্থিতিতে ইহা আরও দ্রুতগতিতে অক্সিজেন দেয়।



$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

সোডিয়াম পার-অক্সাইড জলের সংস্পর্শে আসিলেই বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয়।



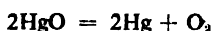
$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

বিরঞ্জক চূর্ণের সঙ্গে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়াতেও অক্সিজেন অতি সহজে উৎপাদিত হয়।

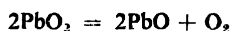


$$Ca(OCl)Cl + H_2O_2 = CaCl_2 + H_2O + O_2$$

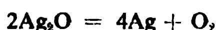
কোন কোন ধাতব-অক্সাইড, উচ্চতর অক্সাইড ইত্যাদির তাপ বিভাজনেও অক্সিজেন পাওয়া সম্ভব।



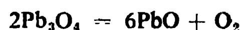
$$2HgO = 2Hg + O_2$$



$$2PbO_2 = 2PbO + O_2$$



$$2Ag_2O = 4Ag + O_2$$



$$2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$$



$$2BaO_2 = 2BaO + O_2$$



$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে হইলে পটাস পারমাঙ্গ্যানেট এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়।



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(২) **জল হইতে ঃ** (ক) ঈষৎ ক্ষারীয় জলকে আয়রণ অথবা নিকেল ইলেকট্রোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়। বিদ্যুৎ সহজে এবং সস্তায় পাইলে ইহাই অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন উৎপাদনের একটি উৎকৃষ্ট উপায়।

(খ) ক্লোরিন গ্যাসের সাহায্যে জলীয় বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন বিচ্ছিন্ন করিয়া লইয়া অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। জলীয় বাষ্প এবং উহার সমায়তন ক্লোরিন গ্যাস মিশ্রিত করিয়া একটি ঝামাপাথর-পূর্ণ পর্সেলীনের নলের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। পর্সেলীনের নলটি খুব উত্তপ্ত করিলে উহার অভ্যন্তরস্থ বাষ্প ও ক্লোরিনের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় এবং অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$2H_2O + 2Cl_2 = 4HCl + O_2$$

(৩) **বায়ু হইতে ঃ** বাতাস প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক গ্যাসের সাধারণ মিশ্রণ। বায়ু হইতে দুইটি উপায়ে অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে।

(ক) বেরিয়াম মনোক্সাইড উত্তপ্ত করিলে প্রায় 500°C উষ্ণতায় উহা বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং বেরিয়াম পার-অক্সাইড যৌগিক পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। যদি উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে প্রায় 800°C -এ বেরিয়াম পার-অক্সাইড বিশ্লেষিত হইয়া অক্সিজেন ও পুনরায় বেরিয়াম মনোক্সাইডে ফিরিয়া আসে। এইরূপে বাতাসের অক্সিজেন পরোক্ষভাবে অন্যান্য উপাদান হইতে পৃথক করিয়া সঞ্চয় করা যাইতে পারে। অক্সিজেন প্রস্তুত করার এই উপায়টি 'ব্রীন প্রণালী' নামে খ্যাত।



$$2BaO + O_2 = 2BaO_2$$



$$2BaO_2 = 2BaO + O_2$$

বস্তুতঃ উষ্ণতার পরিবর্তন না করিয়া, 700°C উষ্ণতায় রাখিয়া চাপের হ্রাস-বৃদ্ধি করিয়া উক্ত বিক্রিয়া দুইটি আরও সহজে সম্পন্ন করা হয়।

(খ) তরল বাতাসের আংশিক পাতনের সাহায্যে বায়ু হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়। বাতাস হইতে প্রথমে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প দূরীভূত করা হয়। তারপর অতিরিক্ত চাপে উহাকে ক্রমাগত শীতল করা হয়। উষ্ণতা কমাইবার জন্য বাহ্যিক উপায় ছাড়াও, সরু নলের ভিতর দিয়া বাতাসকে হঠাৎ অতিরিক্ত চাপ হইতে অল্প চাপে প্রসারিত করা হয়। ইহাতেও বাতাসের উষ্ণতা খুব কমিয়া যায় (জুল-টমসন প্রক্রিয়া)। এইভাবে যখন উষ্ণতা —190°C-এর নীচে পৌঁছায়, তখন বায়ু ক্রমশঃ তরল হইতে থাকে। তরল বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক —195°C এবং অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক —183°C। অতএব নাইট্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর উদ্বায়ী। সুতরাং তরল বাতাসকে আংশিকভাবে পাতিত করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস হইয়া চলিয়া যাইবে এবং পাতনযন্ত্রে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি পাইবে। এইভাবে প্রায় নাইট্রোজেন-মুক্ত অক্সিজেন পাওয়া যায়। কোন শিল্পে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন প্রয়োজন হইলে সচরাচর এইরূপেই তৈয়ারী করা হয়।

**২০-৩। অক্সিজেনের ধর্ম।** (ক) সাধারণ অবস্থায় অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। ইহাকে অত্যন্ত শীতল করিলে প্রথমে নীলাভ তরল (স্ফুটনাঙ্ক, —183°C) এবং আরও ঠাণ্ডা করিলে নীল রংয়ের কঠিন (গলনাঙ্ক, —218.4°C) পাওয়া যায়। ইহা বাতাসের চেয়ে ঈষৎ ভারী। 0°C-এ জলে ইহার দ্রাব্যতা আয়তন হিসাবে শতকরা তিনভাগ মাত্র। স্বল্প হইলেও এই দ্রবিত অক্সিজেনের বিশেষ মূল্য আছে। মাছ ও জলচর প্রাণী এই দ্রবীভূত অক্সিজেন সাহায্যেই বাঁচে। অক্সিজেন দাহ্য নয়, কিন্তু দহন সহায়ক।

(খ) অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক, $O_2$। অত্যন্ত উচ্চ উষ্ণতায় উহা ভাঙ্গিয়া পারমাণবিক অক্সিজেন দেয়,

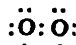


$$O_2 = O + O; \quad \Delta H = 117.3 \text{ কিলোক্যালোরি,}$$

ইহা একটি তাপশোষণ ক্রিয়া। পাঃ অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় শক্তিশালী জারক।

অক্সিজেনের বহুরূপতা আছে। ওজোন ($O_3$) উহার অপর রূপভেদ। ইহার বিষয়ে আমরা পরে আলোচনা করিব।

অক্সিজেন অণুতে সমযোজী বন্ধন রহিয়াছে, কিন্তু উহার সমচুম্বকত্ব (paramagnetic) হইতে প্রমাণ হয় উহাতে অযুগ্ম ইলেকট্রন বর্তমান;



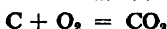
আবার বর্ণালী পরীক্ষায় বিষম চুম্বকীয় অণুর অস্তিত্বও আছে বলিয়া মনে হয়, এবং সম্ভবতঃ খুব সামান্য হইলেও $O_4$ অণু আছে।

সাধারণ অক্সিজেনে তিন রকমের আইসোটোপ থাকে; $^{16}O$, $^{17}O$, $^{18}O$। উহাদের পরিমাণের অণুপাত, $^{16}O : ^{17}O : ^{18}O = 99.76 : 0.04 : 0.20$।

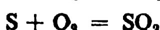
(গ) অক্সিজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। কাঠ, মোম, কেরোসিন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি বাতাসে আগুন ধরাইয়া দিলে উহারা জ্বলিয়া উঠে এবং পুড়িতে থাকে। বাতাসের অক্সিজেনের দ্বারা উহারা জারিত হয়। কখনও আবার বাতাসের সংস্পর্শেই এই জারণ ঘটে; যেমন, সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের।

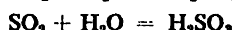
কম বেশী তাপমাত্রায় বহু অধাতব এবং ধাতব মৌলের সঙ্গেই অক্সিজেন যুক্ত হয় এবং জারিত করিয়া উহাদের অক্সাইডে পরিণত করে। অধাতব অক্সাইডগুলি অম্লজাতীয়, জলের সঙ্গে মিলিয়া অ্যাসিড উৎপাদন করে। ধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারীয়, জলে দ্রব হইলে ক্ষারক উৎপাদন করে, অথবা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে লবণ উৎপাদন করে।

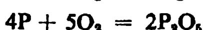
আম্লিক


$C + O_2 = CO_2$


$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

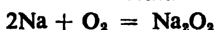

$S + O_2 = SO_2$

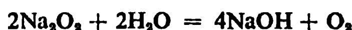

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$


$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

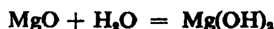

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

ক্ষারীয়


$2Na + O_2 = Na_2O_2$


$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$


$2Mg + O_2 = 2MgO$


$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$


$2Cu + O_2 = 2CuO$


$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$

প্লাটিনাম জাতীয় কয়েকটি বরধাতু, বিরল গ্যাসগুলি, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি চারটি হ্যালোজেন—ইহারা সাক্ষাৎভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে না।

(ঘ) কোন কোন যৌগিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হইয়া অক্সিজেন উহাদিগকে জারিত করে। যেমন, $2NO + O_2 = N_2O_4$।

স্বচ্ছ বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই উহা লাল রংয়ের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করার জন্য এই বিক্রিয়া প্রয়োগ করা হয়।

বহু আস্-লবণ বা যৌগ অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া থাকে; যথা, সালফিউরাস অ্যাসিড, ফেরাস, স্ট্যানাস প্রভৃতির লবণের দ্রবণ।


$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$


$4CrCl_2 + 4HCl + O_2 = 4CrCl_3 + 2H_2O$


$4FeCl_2 + 4HCl + O_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O$


$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 = 2SnCl_4 + 2H_2O$

বিভিন্ন প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের সক্রিয়তা বিশেষ বৃদ্ধি পায় এবং নানা বিক্রিয়ার সংঘটন করিয়া থাকে। প্লাটিনামের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড ট্রাই-অক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।


$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$


$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$

(ঙ) পটাসিয়াম পাইরোগেলেটের ক্ষারীয় দ্রবণ অথবা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের ক্ষারীয় দ্রবণ অক্সিজেন গ্যাসকে দ্রুত শোষণ করিয়া লয়।

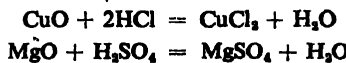
**অক্সিজেনের ব্যবহার।** (১) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ একটি সরু নলের মুখে জ্বালাইয়া দিলে প্রায় বর্ণহীন একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত শিখার সৃষ্টি হয়। ইহাকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা বলে। বিভিন্ন ধাতু বা কঠিন পদার্থ গলাইবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটিলিন গ্যাসের সহিত অক্সিজেন মিশাইয়াও ঐরূপ শিখা করা যাইতে পারে। ধাতুর পাত প্রভৃতি জুড়িতে এই সকল শিখার বহুল ব্যবহার আছে।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে প্রচুর অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

(৩) প্রাণীমাত্রেরই জীবনধারণের জন্য প্রতিনিয়ত বাতাসের প্রয়োজন হয়। প্রশ্বাসের সহিত এই বাতাস প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। বাতাসের অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরে প্রেরিত খাদ্যদ্রব্যের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করে এবং উহাদিগকে জারিত করিয়া দেয়। এই ক্রিয়ার ফলে দেহের ভিতরে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয়-বাষ্প ও তাপের সৃষ্টি হয়। এইভাবে আমাদের জীবন-রক্ষা হয়। অতএব প্রাণি-জগতের অস্তিত্বের মূলে আছে অক্সিজেন। ইহাই অক্সিজেনের শ্রেষ্ঠ ব্যবহার। জলের নীচে ডুবুরীদের, উড়োজাহাজের চালকের, রোগীর শ্বাসকষ্টের সময় শ্বাসকার্য পরিচালনার জন্য কৃত্রিম উপায়ে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

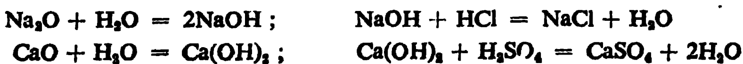
**২০-৪। অক্সাইড।** কোন মৌলিক পদার্থের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তাহাকেই 'অক্সাইড' বলা হয়। অর্থাৎ অক্সাইড অক্সিজেনের *দ্বি-যৌগিক পদার্থ।* অক্সাইড গ্যাসীয়, তরল বা কঠিন, তিন রকমেরই পাওয়া যায়। যেমন, কার্বন-ডাইঅক্সাইড ($CO_2$) গ্যাস, জল ($H_2O$) তরল আবার ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ($MgO$) কঠিন। অক্সাইডসমূহকে উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার অনুযায়ী বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

(১) **ক্ষারকীয় অক্সাইড ঃ** যে সকল অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং তাহার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন করে, তাহাদিগকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। সচরাচর ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইয়া থাকে। কপার অক্সাইড, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ইত্যাদি ক্ষারকীয় অক্সাইড।



$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$
$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$$

সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলে দ্রব হয় এবং জলের সহিত মিলিয়া উহারা ক্ষার প্রস্তুত করে। ক্ষারগুলিও অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন করে। যেমন,



$$Na_2O + H_2O = 2NaOH ; \qquad NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 ; \qquad Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$

(২) **আম্লিক অক্সাইড ঃ** যে সকল অক্সাইড ক্ষারজাতীয় পদার্থের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং উহার ফলে লবণ ও জলে পরিণত হয় তাহাদিগকে আম্লিক অক্সাইড বলে। সচরাচর অধাতব অক্সাইডসমূহ আম্লিক অক্সাইড হয়। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড ইত্যাদি আম্লিক অক্সাইড।

অতিরিক্ত অক্সিজেন-সমন্বিত কোন কোন ধাতব অক্সাইডও অম্লজাতীয়; যেমন, $CrO_3$, $Mn_2O_7$ ইত্যাদি।



$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O; \quad CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$$

আম্লিক অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডের সৃষ্টি করে; যেমন,



$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3; \qquad SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3; \qquad P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড স্পষ্টতঃই পরস্পরের বিরোধী। কখন কখনও এই দুই জাতীয় অক্সাইড যুক্ত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে; যেমন,

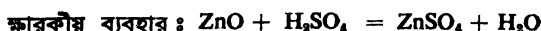


$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4; \qquad CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

(৩) **উভধর্মী অক্সাইড ঃ** কোন কোন অক্সাইডের মধ্যে ক্ষারকীয় এবং আম্লিক উভয় অক্সাইডেরই ধর্ম বিদ্যমান থাকে। উহারা অ্যাসিড এবং ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং উভয় ক্ষেত্রেই লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এই কারণে উহাদিগকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড, অ্যালমিনিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি।



আম্লিক ব্যবহার ঃ $ZnO + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2O$



ক্ষারকীয় ব্যবহার ঃ $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$

(৪) **প্রশম অক্সাইড ঃ** যে সমস্ত অক্সাইড অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও সহিত ক্রিয়া করে না এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থাতেও লিটমাসের রঙের কোন পরিবর্তন করে না, তাহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলা যাইতে পারে। জল, নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইড, কার্বন মনোক্সাইড ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত।

জল প্রশম অক্সাইড হইলেও উহার ক্ষার ও অম্লগুণ উভয়ই আছে; কারণ,



$$H_2O + H_2O = H_3O^+ + OH^-$$

$OH^-$ ক্ষার আর $H_3O^+$ অ্যাসিড।

(৫) **পার-অক্সাইড ঃ** হাইড্রোজেনের স্বাভাবিক অক্সাইড জল ($H_2O$), কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন আরও একটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। উহাকে বলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, সঙ্কেত $H_2O_2$। কোন কোন ধাতব অক্সাইডেও অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সংযুক্ত আছে দেখা যায় এবং উহারা অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ঐ সকল অক্সাইডকে পার-অক্সাইড বলা হয়, যেমন,



$$Na_2O_2 + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2$$



$$BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$$

অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সন্নিবিষ্ট হইলেই যে উহা পার-অক্সাইড হইবে, এমন কোন নিশ্চয়তা নাই। $MnO_2$, $PbO_2$ প্রভৃতিতে উহাদের সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইতে বেশী পরিমাণ অক্সিজেন আছে, কিন্তু উহারা অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়ার ফলে $H_2O_2$ দিতে পারে না। ইহাদের উচ্চতর অক্সাইড বা পলি-অক্সাইড বলা হয়। পূর্বেই ইহাদের বিষয় আলোচিত হইয়াছে (অনুচ্ছেদ - ১১-২০ - - - -)।

(৬) **সাব-অক্সাইড ঃ** কোন মৌলের অক্সাইডে জারণ-মাত্রা অনুযায়ী যতটা অক্সিজেন থাকা প্রয়োজন তদপেক্ষা কম থাকে। ইহারাই সাব-অক্সাইড বা নিম্নতর অক্সাইড। যেমন, কার্বন সাব-অক্সাইড, $C_3O_2$ (O=C=C=C=O)।

(৭) **যুগ্ম অক্সাইড ঃ** কোন কোন অক্সাইডের সংকেত এইরূপ যে উহাদের বস্তুতঃ দুইটি অক্সাইডের সম্মিলিত যৌগ মনে করা যাইতে পারে এবং অ্যাসিডের সঙ্গে উহারা বিক্রিয়া করিয়া দুইরকম লবণ উৎপাদন করে। ইহাদের বলা হয় যুগ্ম-অক্সাইড; যেমন, $Fe_3O_4$ ($FeO$, $Fe_2O_3$); $Mn_3O_4$ ($2MnO$, $MnO_2$), ইত্যাদি।



$$Fe_3O_4 + 8HCl = 2FeCl_3 + FeCl_2 + 4H_2O$$

## ওজোন

ওজোন ও অক্সিজেন বস্তুতঃ একই মৌলিক পদার্থ—দুইটি রূপভেদ মাত্র। ওজোনের প্রতি অণুতে তিনটি পরমাণু আর অক্সিজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ ওজোনের অণু, $O_3$ এবং অক্সিজেনের অণু, $O_2$। কিন্তু এই গঠন-বিভিন্নতার জন্য ওজোন এবং অক্সিজেনের ভিতর অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য দেখা যায়।

বায়ুমণ্ডলের উপরের অংশে খুব অল্প পরিমাণে ওজোন পাওয়া যায়। সম্ভবতঃ অতি-বেগনী আলোর সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন হইতেই সেখানে ওজোন উৎপন্ন হয়।

২০-৫। প্রস্তুতি। সাধারণতঃ শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সাহায্যে অক্সিজেন হইতে ওজোন উৎপন্ন করা হয়।

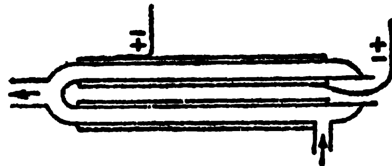


$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3; \qquad \Delta H = +\ 68{,}000 \text{ Cal.}$$

অর্থাৎ বিক্রিয়াটির সময় প্রচুর তাপ শোষিত হয়।

**শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ** (Silent electric discharge) ঃ পরা এবং অপরা-বিদ্যুৎবাহী দুইটি ধাতুকে যদি খুব কাছাকাছি আনা যায় অথচ উহারা পরস্পরকে স্পর্শ না করে, তাহা হইলে পরা হইতে অপরা-প্রান্তে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকে। এই বিদ্যুৎ-ক্ষরণে স্ফুলিঙ্গের উৎপত্তি হয় এবং যথেষ্ট উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হয়। যদি এই দুইটি ধাতুর ভিতর পাতলা কাচ বা অন্য কোন অন্তরক দ্রব্য (insulator) রাখা যায় তাহা হইলেও নিঃশব্দে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকিবে; কিন্তু কোন তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে না। অবশ্য ধাতু দুইটি যথেষ্ট তড়িৎশক্তিসম্পন্ন হওয়া প্রয়োজন। ইহা-কেই 'শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ' বলা হয়।

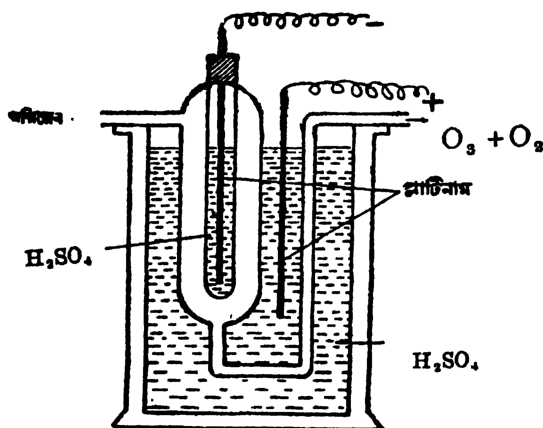
**ল্যাবরেটরী পদ্ধতিঃ** (ক) সিমেন্স (Siemens) যন্ত্র (চিত্র ২০ক)। এই যন্ত্রে একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচ-নলের ভিতরে একটি সরু কাচ-নল থাকে। নল দুইটির অক্ষদণ্ড (axis) একই হওয়া প্রয়োজন। সরু নলটির ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে এবং অপর প্রান্তে উহার সহিত বাহিরের নলটি জুড়িয়া দেওয়া হয়। অক্সিজেনের প্রবেশ



চিত্র ২০-ক। সিমেন্সের যন্ত্র

ও নির্গমের জন্য বাহিরের নলটিতে দুইটি পথ আছে। মোটা নলটির বাহিরের দিক এবং সরু নলটির ভিতরের দিকটি পাতলা টিনের পাত দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয়। ব্যাটারী ও আবেশকুণ্ডলীর সাহায্যে এই টিনের পাত দুইটির ভিতর শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সৃষ্টি করা হয়। দুইটি নলের মধ্যবর্তী অবকাশের ভিতর দিয়া অক্সিজেন গ্যাস আস্তে আস্তে লইয়া যাওয়া হয়। সুতরাং এই গ্যাসটি অদৃশ্য এবং শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে বাধ্য হয়। ফলে, নির্গম-পথে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে উহাতে অক্সিজেনের সহিত ওজোন মিশ্রিত আছে দেখা যায়। এইভাবে অক্সিজেনের শতকরা প্রায় 10 ভাগ ওজোনে পরিণত হয়। স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত এক টুকরা কাগজ নির্গম-নলের মুখে রাখিলে উহা কয়েক সেকেণ্ডের ভিতরেই নীল হইয়া যায়। ওজোনের অস্তিত্বের ইহা একটি প্রমাণ।

(খ) **ব্রডির যন্ত্র** (Brodie's apparatus)। এই যন্ত্রেও দুইটি সমকেন্দ্রী কাচনল লওয়া হয়। ভিতরের সরু নলটি নীচের দিকে বন্ধ এবং উপরের দিকে মোটা নলটির সঙ্গে জুড়িয়া দেওয়া হয় (চিত্র ২০-খ)। ভিতরের নলটি লঘু $H_2SO_4$-এ পূর্ণ থাকে। বাহিরের নলটি U-আকৃতির, অপর বাহুটি অপেক্ষাকৃত সরু। এই যুগ্ম-নল



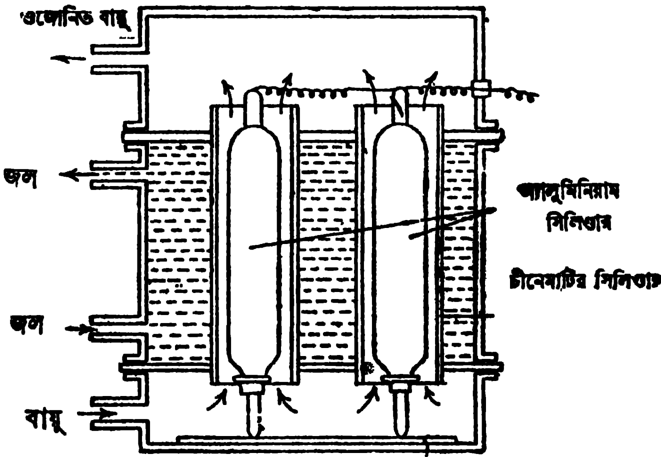

চিত্র ২০-খ। ওজোন প্রস্তুতির ব্রডির যন্ত্র

একটি কাঁচের জারে লঘু $H_2SO_4$-এ নিমজ্জিত রাখা হয়। দুই স্থানের সালফিউরিক অ্যাসিডে দুইটি প্লাটিনামের তার ডুবানো থাকে। সমকেন্দ্রী দুইটি কাচের নলের মধ্য-কার অবকাশ দিয়া শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহিত করা হয়। Pt-তার দুইটি আবেশ কুণ্ডলীর সঙ্গে যুক্ত করিয়া শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ করা হয়। ইহাতে প্রায় 20% ওজোন তৈরী হয় এবং অপর দিকের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে।

**বিশুদ্ধ ওজোন**। ওজোনিত বাতাস বা অক্সিজেনকে তরল বায়ু আবৃত গ্রাহকে রাখিলে খুব শীতল হইয়া একটি গাঢ় নীল বর্ণের তরলে পরিণত হয়। ইহার সঙ্গে তরল অক্সি-জেনও থাকে। পাম্পের সাহায্যে ক্রমাগত অক্সিজেন সরাইয়া লইলে আংশিক পাতনে

আরও শীতল হইয়া প্রায় কালো কঠিন বিশুদ্ধ ওজোন পাওয়া যায় (গলনাঙ্ক, —249.7°C; স্ফুটনাঙ্ক, —112.4°C)। উহাকে উদ্বায়িত করিলে বিশুদ্ধ ওজোন গ্যাস পাওয়া যায়। বিস্ফোরণের সম্ভাবনা আছে, খুব সাবধানতার সঙ্গে প্রক্রিয়াটি করিতে হয়।

(গ) **ওজোন প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি : সিমেন্স ও হাল্‌স্কের যন্ত্র।** অধিক পরিমাণে ওজোন প্রয়োজন হইলে এই যন্ত্রের দ্বারা ওজোন তৈয়ারী করা হয় (চিত্র ২০-গ)। এখানেও শুষ্ক-বাতাসের মধ্যে উচ্চ-বিভবে শব্দহীন তড়িৎক্ষরণ করানো হয়। ভূ-সংযুক্ত লোহার তৈয়ারী একটি বড় বাক্সের মধ্যে ছয়টি বা আটটি 'ওজোনাইজার' টিউব থাকে। প্রতিটি টিউবের মধ্যস্থলে একটি অ্যালুমিনিয়ামের সিলিণ্ডার থাকে এবং উহার চারিদিকে কাচ বা পর্সেলীনের নল থাকে। দুই নলের মধ্যস্থল দিয়া শুষ্ক বাতাস পরিচালনা করা হয়। সমস্ত টিউবগুলির চারিদিকে সর্বদা শীতল জলপ্রবাহ দ্বারা উহাদের ঠাণ্ডা রাখা হয়। অ্যালুমিনিয়াম এবং লোহার বাক্সের মধ্যে উচ্চ বিভবে (1000V) তড়িৎ-ক্ষরণ করানো হয়। ওজোনিত বায়ু উপরের নির্গম-পথে বাহির হইয়া আসে।




চিত্র ২০-গ। সিমেন্স-হাল্‌স্কের যন্ত্র

**২০-৬। ওজোনের ধর্ম।** (১) ওজোন একটি নীল, মৎস্য-গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর দ্রবণীয়। তার্পিন তৈল ওজোনকে খুব সহজেই শোষণ করিয়া লইতে পারে। কোন কোন জৈব দ্রাবকে যেমন, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড প্রভৃতিতেও ইহা দ্রবীভূত হয়। বায়ু অপেক্ষা ওজোন প্রায় দেড়গুণ ভারী।

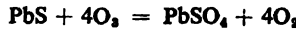
(২) উত্তাপের সাহায্যে ওজোন ভাঙিয়া অক্সিজেনে পরিণত হইয়া থাকে। এই পরিবর্তনে অনেক বিচূর্ণ ধাতব পদার্থ, যেমন, সিলভার, প্লাটিনাম ইত্যাদি, অথবা কোন কোন অক্সাইড, যেমন, লেড অক্সাইড, কোবাল্ট অক্সাইড ইত্যাদি বন্ধকের কাজ করে।



$$2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$$

(৩) ওজোনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। প্রায় সর্বদাই ওজোন বিশেষ ক্ষমতাশীল জারকদ্রব্য হিসাবে রাসায়নিক ক্রিয়া করিয়া থাকে। এই সকল জারণ-ক্রিয়াতে

ওজোনের প্রত্যেকটি অণু একটি অক্সিজেন অণুতে পরিণত হইয়া যায় এবং অতিরিক্ত অক্সিজেন পরমাণুটি অপর কোন পদার্থকে জারিত করে; যথা,



$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$$



$$2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$$



$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$$



$$2HCl + O_3 = Cl_2 + H_2O + O_2$$



$$2KI + H_2O + O_3 = I_2 + 2KOH + O_2$$

দুই একটি বিক্রিয়াতে ওজোনের তিনটি পরমাণুই জারণ-ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। যেমন,



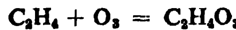
$$2SO_2 + O_3 = 2SO_3$$



$$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$$

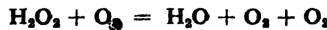
(৪) অধিকাংশ ধাতুই ওজোনের সংস্পর্শে আসিলে অল্পাধিক জারিত হয়। ওজোনের সান্নিধ্যে পারদের গতিশীলতা লোপ পায়, কারণ ওজোন উহাকে আংশিকভাবে মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত করে। রবারও ওজোনের সংস্পর্শে নষ্ট হইয়া যায়, উহার নমনীয়তা থাকে না।

(৫) ওজোন অনেক জৈব-পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিতে সমর্থ। ইথিলিন প্রভৃতি অসম্পৃক্ত জৈব-পদার্থের সহিত ওজোন সরাসরি যুক্ত হইয়া উহার ওজোনাইড সৃষ্টি করে।

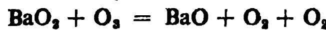


$$C_2H_4 + O_3 = C_2H_4O_3$$

(৬) ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, বেরিয়াম পার-অক্সাইড প্রভৃতি বিজারিত হইয়া যায়:



$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + O_2 + O_2$$



$$BaO_2 + O_3 = BaO + O_2 + O_2$$

যদিও ওজোন এই ক্ষেত্রে বিজারক দ্রব্যের মত ব্যবহার করে, তথাপি ইহাকে ঠিক বিজারণ ক্রিয়া বলা সঙ্গত হইবে না; কেননা, রিজারক দ্রব্যটি এস্থলে জারিত হয় নাই। ওজোন কিন্তু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে পরিবর্তন করে না।

কয়েকটি পরীক্ষা হইতে ওজোনের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা হয়। পৃথক্ পৃথক্ ভাবে এক এক টুকরা কাগজ নিম্নলিখিত দ্রবণে সিক্ত করিয়া লইলে ওজোনের সংস্পর্শে উহাতে বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি হয়:

(ক) স্টার্চ এবং পটাস-আয়োডাইড — নীল
(খ) টেট্রামিথাইল ক্ষারক — বেগুনী
(গ) বেঞ্জিডিন — তামাটে

**ওজোনের ব্যবহার।** ব্যাকটিরিয়ার উপর ওজোনের বিক্রিয়া আছে, সেইজন্য পানীয় জল নির্বীজনে ওজোন ব্যবহৃত হয়। তৈল, মোম প্রভৃতি বিরঞ্জনের জন্য এবং ল্যাবরেটরীতে অনেক জৈব-পদার্থ জারিত করার জন্য ওজোনের প্রয়োজন হয়।

**২০-৭। ওজোনের সংকেত এবং গঠন।** (ক) সোরেট (Soret) একটি সহজ পরীক্ষা-দ্বারা ওজোনের সংকেত স্থির করেন। দুইটি সমান কাচ-কুপীতে সম-আয়তনে ওজোনিত

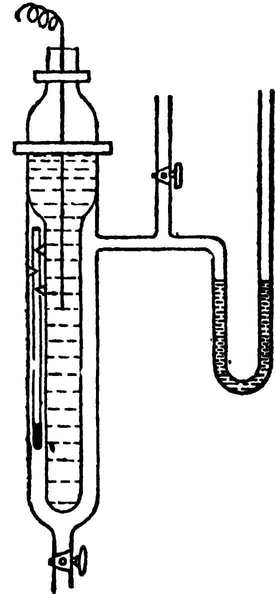
অক্সিজেন লওয়া হয়। কূপী দুইটির লম্বা-গলার হওয়া দরকার এবং উহা আয়তন হিসাবে অংশাঙ্কিত হইতে হইবে। গ্যাস-পূর্ণ কূপী দুইটিকে জলের উপর উপুড় করিয়া রাখা হয়। প্রথম কূপীটিতে একটু তার্পিন তেল দেওয়া হয়। উহা ওজোন শোষণ করিয়া লয় এবং গ্যাসের আয়তন কমে। সঙ্কোচনের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়, মনে কর উহা $x$, অর্থাৎ কূপীগুলিতে $x$ আয়তন ওজোন ছিল।

দ্বিতীয় কূপীটিকে গরম করা হয়, উত্তাপে ওজোন বিভাজিত হয় এবং গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি ঘটে। এই আয়তন-বৃদ্ধির পরিমাণ দেখা যায় $x/2$, অর্থাৎ পূর্বের সঙ্কোচনের অর্ধেক। অতএব, বলা যায়, $x$ আয়তন ওজোন হইতে $(x + x/2)$ আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। যদি $x$ আয়তন কোন গ্যাসে $y$ সংখ্যক অণু থাকে (অ্যাভোগাড্রো), তাহা হইলে,

$y$ সংখ্যক ওজোন অণু $3/2y$ অক্সিজেন অণু দেয় অথবা, একটি ওজোন অণু $= 3/2$ অক্সিজেন অণু $=$ তিনটি অক্সিজেন পরমাণু।

$\therefore$ ওজোনের সংকেত, $O_3$।

(খ) নিউথের (Newth) পরীক্ষার সাহায্যেও ওজোনের সংকেত নির্ণয় করা হইয়াছে। ব্রডির যন্ত্রের মতই একটি সরু নল একটি মোটা নলের মধ্যে সমকেন্দ্রী করিয়া বসান হয়। ছোট সরু নলটির উপরের অংশ প্রশস্ততর এবং উহা বড় নলটির মুখে এমনভাবে বসে যাহাতে বাহির বাতাসের সঙ্গে ভিতরের গ্যাসের কোন যোগাযোগ না থাকে (চিত্র ২০-ঘ)। বাহিরের নলের সঙ্গে একটি ম্যানোমিটার যুক্ত থাকে। খুব সরু একটি ছোট নলে অল্প তার্পিন তেল ভরিয়া উহার দুই দিক সীল করিয়া দেওয়া হয়। এই তার্পিন তেলের নলটিকে বড় নল দুইটির মধ্যবর্তী স্থানে কয়েকটি কাচের গুটি দিয়া আটকাইয়া রাখা হয়। দুইটি নলের মধ্যবর্তী স্থানটুকু বিশুদ্ধ শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লওয়া হয়। এই যন্ত্রটিকে একটি বড় জারের ভিতর রাখিয়া উহাতে এবং সরু নলটিতে লঘু $H_2SO_4$ দেওয়া হয়। এই দুই অ্যাসিডের আধারে দুইটি প্লাটিনাম তার ডুবাইয়া রাখা হয় এবং ইহাদের সাহায্যে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণ চালনা করা হয়। খানিকটা অক্সিজেন ওজোনে পরিণত হইলে বিদ্যুৎক্ষরণ বন্ধ করিয়া ম্যানোমিটারের সাহায্যে আয়তনের সঙ্কোচন ($v$) স্থির করা হয়। তারপর ভিতরের নলটি ঘুরাইয়া তার্পিন তেলের টিউবটিকে চূর্ণ করিয়া দেওয়া হয়। ওজোন শোষিত হইয়া যায়। ম্যানোমিটার হইতে এই সংকোচনের পরিমাণও জানা যায়, অর্থাৎ ওজোনের আয়তন জানা যায়। দেখা যায়, দ্বিতীয় সংকোচন প্রথমটির দ্বিগুণ ($2v$)। অতএব, উৎপন্ন ওজনের আয়তন $2v$ এবং উহার জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন $(v + 2v) = 3v$। পূর্বের মতোই প্রমাণ করা যায়, ওজোনের সংকেত হইবে, $O_3$।



চিত্র ২০-ঘ। নিউথের যন্ত্র

**ওজোন অণুর গঠন।** ওজোনের জন্য দুই প্রকার গঠন দেওয়া যাইতে পারে। যথা,

$$\underset{\text{(I)}}{\text{O—O (ring with O)}} \quad \text{এবং} \quad \underset{\text{(II)}}{O=O=O}$$

ওজোন কর্তৃক অসংম্পৃক্ত জৈব-যৌগের ওজোনাইড গঠন নিম্নলিখিত ভাবে দেখানো যায়:

$$H_2C=CH_2 + O_3 \text{ (O—O—O ring)} \rightarrow H_2C—O—CH_2 \text{ (with O—O bridge) (ওজোনাইড)}$$

$$\downarrow$$

$$H_2CO + CH_2O + H_2O_2$$

(ফর্মালডিহাইড)

এইভাবে (I)-নং সংকেত ওজোনের তিনটি অক্সিজেনের অভিন্নতা প্রমাণ করে। আবার ওজোনের জারণ-ক্রিয়া প্রমাণ করে যে উহার একটি অক্সিজেন পরমাণু খুব সহজেই পৃথক হইয়া যায়। উহা সংকেত (II) দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। কারণ উহাতে একটি অক্সিজেন পরমাণু চতুর্যোজী ও অন্য দুইটি দ্বিযোজী।

আধুনিক কালে ওজোনের গঠন পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে উহা কৌণিক, সরল গঠনবিশিষ্ট নয়; যেমন,

এখানে O — O দূরত্ব হইল 1.28A° এবং $\angle$O-O-O হইল 116°29′। এই গঠনটি আবার কয়েকটি গঠনের সংস্পন্দন-সংকর (resonance hybrid)।

$$\text{(resonance structures: } ^{+}\ddot{O} \text{ with } ^{-}:O: \text{ and } :O: \rightleftharpoons \ddot{O}^{+} \text{ with } :O: \text{ and } :O:^{-} \rightleftharpoons :O: \text{ with } ^{-}:O: \text{ and } :O:^{+} \rightleftharpoons \cdot\ddot{O}\cdot \text{ with } ^{+}O: \text{ and } :O:^{-})$$

(ইহাদের মধ্যে প্রথম দুইটিই হইল মুখ্য গঠন।)

## ২০-৮। ওজোন ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা।

| ধর্ম | ওজোন | হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড |
|---|---|---|
| (১) অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ | (১) গ্যাসীয়, নীল রং-এর মৎস্য গন্ধযুক্ত পদার্থ। | (১) তরল, ঈষৎ নীল রং-এর নাইট্রিক অ্যাসিডের গন্ধযুক্ত পদার্থ। |
| (২) লিটমাস প্রবণ | (২) প্রশম | (২) মৃদু অ্যাসিড |

| ধর্ম | ওজোন | হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড |
|---|---|---|
| (৩) স্থায়িত্ব | (৩) আস্তে আস্তে ভাঙিয়া অক্সিজেন দেয়। | (৩) ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন দেয়। |
| (৪) পারদের সহিত বিক্রিয়া | (৪) পারদের গতিশীলতা নষ্ট হইয়া যায় এবং উহাকে কাচের উপর লাগানো যায়। | (৪) কোন বিক্রিয়া হয় না। |
| (৫) অ্যাসিডযুক্ত টাইটানিয়াম দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া। | (৫) রং-এর কোন পরিবর্তন হয় না। | (৫) কমলা রং-এর দ্রবণে পরিবর্তন হয়। |
| (৬) জারণ ধর্ম | (৬) শক্তিশালী জারক দ্রব্য; যেমন, KI হইতে $I_2$ দেয়। | (৬) শক্তিশালী জারক দ্রব্য; যেমন, KI হইতে $I_2$ দেয়। |
| (৭) বিজারণ ধর্ম | (৭) বিজারণ ক্রিয়ার উদাহরণ জানা আছে, তবে বাস্তবিক উহা বিজারণ ক্রিয়া নহে। যেমন, $H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2$ | (৭) বিজারণ ক্রিয়ার উদাহরণ জানা আছে। যেমন, $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$ |
| পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত বিক্রিয়া | কোন বিক্রিয়া হয় না। | অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$-কে $H_2O_2$ বর্ণহীন $Mn^{2+}$-এ বিজারিত করে। |
| (৮) বিরঞ্জন ধর্ম | (৮) জারণ ক্রিয়াদ্বারা উদ্ভিজ রং, নীল ( indigo ) বর্ণহীন করে। | (৮) জারণ ক্রিয়াদ্বারা উল, সিল্ক ইত্যাদি বর্ণহীন করে। |
| (৯) যুতযৌগ গঠন | (৯) জৈবযৌগ যেমন, ইথিলিনের সহিত ইথিলিন ও ওজোনাইড নামক যুতযৌগ গঠন করে। | (৯) অজৈবযৌগ যেমন, KF-এর সহিত $KF.H_2O_2$ যুতযৌগ গঠন করে। |

## সালফার ( গন্ধক )

চিহ্ন S, ক্রমাঙ্ক 16, পাঃ গুরুত্ব 32.06, ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

আমাদের দেশে সালফার 'গন্ধক' নামেই পরিচিত এবং ইহার ব্যবহারও বহু প্রাচীন। হিন্দুসভ্যতার যুগেও ভারতে চিকিৎসাশাস্ত্রে এবং অন্যান্য শিল্পে গন্ধকের ব্যবহার হইত।

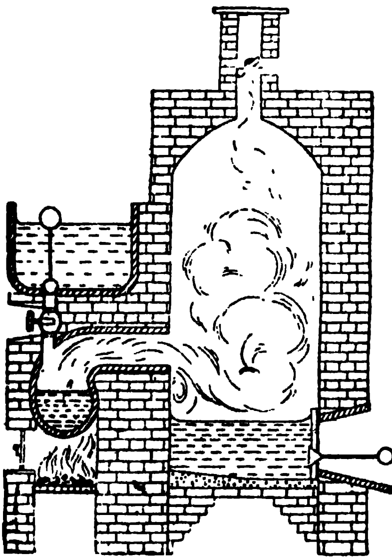
প্রকৃতিতে মৌলাবস্থাতেই সালফার পাওয়া যায়। বিশেষতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে ইহার প্রাচুর্য দেখা যায়। সিসিলি ও জাপানে যথেষ্ট সালফার আছে, কিন্তু সালফারের

সর্বাপেক্ষা বড় খনি আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে এবং পৃথিবীর প্রয়োজনীয় সালফারের প্রায় 80% আমেরিকা হইতে আসে। বিভিন্ন সালফাইড ও সালফেট রূপেও যথেষ্ট সালফার প্রকৃতিতে পাওয়া যায়; যথা: (১) আয়রণ পাইরাইটিস্, $FeS_2$ (২) কপার পাই-রাইটিস্, $Cu_2S$, $Fe_2S_3$; (৩) গেলেনা, $PbS$;; (৪) জিপসাম, $CaSO_4$, $2H_2O$; (৫) কাইসেরাইট, $MgSO_4$, $H_2O$।

অনেক জৈব-প্রোটিনেও সালফার বিদ্যমান। পেঁয়াজ, রসুন, মূলা, ডিম, মাথার চুল প্রভৃতিতে সালফার-যৌগ আছে। ভারতবর্ষে খনিজ সালফার-যৌগ আছে বটে, কিন্তু মৌল-অবস্থায় সালফার পাওয়া যায় না। সুতরাং ভারতকে বিদেশ হইতে সালফার আমদানী করিতে হয়।

**২০-৯। সালফার উৎপাদন।** মৌলাবস্থায়ই প্রকৃতিতে সালফার পাওয়া যায়। উহাকে বিশুদ্ধ করিয়া লইতে হয়। প্রধানতঃ সিসিলি ও আমেরিকা—এই দুই অঞ্চলে সালফার পাওয়া যায়। এই দুই অঞ্চলের উৎপাদন পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য আছে।

(১) **সিসিলীয় পদ্ধতি:** সিসিলি দ্বীপে যে সালফার পাওয়া যায় উহাতে চুনাপাথর, জিপসাম, মাটি প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে এবং সালফারের পরিমাণ 20~25% মাত্র। সালফার-মিশ্রিত পাথরসমূহ প্রকাণ্ড ইটের চুল্লীতে স্তূপীকৃত করিয়া উহার উপরের অংশে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। এই চুল্লীগুলি পাহাড়ের গায়ে তৈয়ারী করা হয় এবং উহার তলের মেঝে একদিকে ঢালু থাকে। প্রায় এক-তৃতীয়াংশ সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইয়া চলিয়া যায়, কিন্তু এই উত্তাপে বাকী সালফার গলিয়া যায় এবং ঢালু মেঝে দিয়া গড়াইয়া আসিয়া নিম্নস্থ একটি চৌবাচ্চায় জমা হয়। পোড়ানর ফলে যথেষ্ট সালফার অপচয় হয় বটে, কিন্তু কয়লা ও জ্বালানী-কাঠ ইতালীতে এত মহার্ঘ যে ইহা ছাড়া আর উপায় নাই। উক্ত উপায়ে যে সালফার পাওয়া যায় উহাতে শতকরা 5~7 ভাগ মাটি ও অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে।

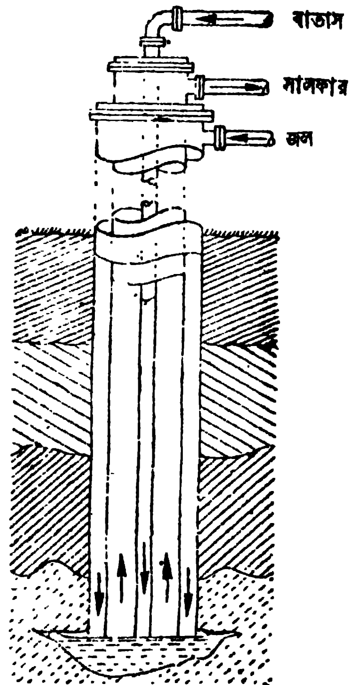


চিত্র ২০-৬। সিসিলীয় সালফার

পাতন-দ্বারা ইহাকে বিশুদ্ধ করা প্রয়োজন, কিন্তু ইন্ধন-ব্যয়ের আধিক্য হেতু ইতালীতে তাহা করা সম্ভবপর নয়। ফরাসীর মার্সাই বন্দরে উক্ত সালফার চালান দেওয়া হয়। সেখানে উহা বড় বড় লোহার কড়াইতে গলান হয়। গলিত গন্ধক অতঃপর একটি লোহার বকযন্ত্রে চুল্লীর উপর উত্তপ্ত করা হয়। বাষ্পীভূত হইয়া বকযন্ত্র হইতে একটি বিরাট ইষ্টক-প্রকোষ্ঠের

দেওয়ালে প্রথমে সালফার কঠিনাকারে জমে। পরে উষ্ণতা বাড়িয়া গেলে এই সমস্ত পাতিত বিশুদ্ধ সালফার গলিয়া তরলাকারে প্রকোষ্ঠের নীচে সঞ্চিত হয়। একটি নির্গম-দ্বার দিয়া উহাকে বাহির করিয়া লইয়া ছোট ছোট বেলুনের আকারে ঢালাই করিয়া লওয়া হয়। (চিত্র ২০-ও)।

(২) **আমেরিকান পদ্ধতি ঃ** আমেরিকায় সালফার ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়েকশত ফিট নীচে পাওয়া যায়। ইহাকে তুলিবার জন্য একটি বিশেষ ব্যবস্থা করা হয়। বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় নল মাটির নীচে সালফার খনিতে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র ২০-চ)। বহিঃস্থ নলটি দিয়া প্রায় দশ অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে অতিতপ্ত জল 180°C--এ পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করান হয়। মধ্যস্থলে যে নলটি থাকে তাহার ভিতর দিয়া অত্যন্ত বেশী চাপে বাতাস ঢুকাইয়া দেওয়া হয়। উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে আসিয়া সালফার গলিয়া যায়। গলিত সালফারের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বাতাস যখন বুদ্‌বুদের আকারে পরিচালিত করা হয়, তখন সালফার ফেনায়িত হইয়া উঠে। মধ্যবর্তী তৃতীয় নলটি দিয়া এই সালফার-ফেনা উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের চৌবাচ্চায় উহাদের শীতল করা হয়। এইভাবে সালফার সংগৃহীত করা হয়। ইহার বিশুদ্ধতা 99.5%। এই পদ্ধতিটিকে **'ফ্র্যাস-প্রণালী'** (Frasch Process) বলা হয়।




চিত্র ২০-চ। ফ্র্যাস প্রণালী

(৩) ভারতবর্ষের মত দেশে যেখানে মৌলাবস্থায় সালফার নাই, সেখানে অন্যান্য রাসায়নিক শিল্পজাত সালফার-যৌগ হইতে সালফার উৎপাদন করিতে হয়। এই রকম কয়েকটি প্রচলিত উপায়ের বিষয় আলোচিত হইল।

(ক) কয়লার অন্তর্ধূমপাতনে যে কোল-গ্যাস পাওয়া যায়, উহাতে কিছু হাইড্রোজেন সালফাইড মিশ্রিত থাকে। আর্দ্র ফেরিক-অক্সাইডের উপর দিয়া কোল-গ্যাস পরিচালিত করিলে উহা হাইড্রোজেন সালফাইড শোষণ করিয়া আয়রণ সালফাইডে পরিণত হয়।



$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

ফেরিক সালফাইড বাতাসের সংস্পর্শে থাকিয়া পুনরায় পূর্বতন ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফারও উৎপন্ন হয়। এইভাবে সালফার সংগ্রহ হয়।



$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 6S + 4Fe(OH)_3$$

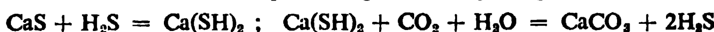
আসামে এবং রেওয়াতে যে নিম্নশ্রেণীর কয়লা পাওয়া যায় উহাতে যথেষ্ট সালফার আছে। সেখানে এই পদ্ধতির প্রয়োগ হইতে পারে।

(খ) লেঁ-ব্লাঙ্কের শিল্প-পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির সময় যে ক্ষারীয় অবশেষ পড়িয়া থাকে তাহাতে ক্যালসিয়াম সালফাইড (CaS) থাকে। সালফার উৎপাদনের উহা আর এক উৎস।

এই ক্যালসিয়াম সালফাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত জল মিশাইয়া ক্রমাগত কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে, হাইড্রোজেন সালফাইড তৈয়ারী হয়।



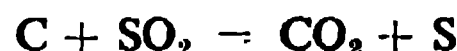
$$CaS + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + H_2S$$



$$CaS + H_2S = Ca(SH)_2 \ ; \ Ca(SH)_2 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + 2H_2S$$

উৎপন্ন $H_2S$-কে পরিমিত বায়ুতে একটি চুল্লীতে উত্তপ্ত আয়রণ অক্সাইডের বর্তমানে পোড়াইলে সালফার পাওয়া যায়। আয়রণ অক্সাইড অনুঘটক। এই পদ্ধতিকে 'চান্স-ক্লস পদ্ধতি' (Chance-Claus process) বলা হয়। লেঁ-ব্লাঙ্ক পদ্ধতি প্রায় লোপ পাওয়াতে এই প্রথারও প্রচলন প্রায় নাই।

(গ) সালফাইড খনিজ হইতে Cu, Zn, Pb প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশনের সময় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপজাত হয়। উত্তপ্ত কোকের (1100°C) উপর দিয়া এই গ্যাসকে পরিচালিত করা হয়, ইহাতে সালফার বাষ্পাকারে পাওয়া যায়। ঠাণ্ডা করিয়া সেই সালফার সংগ্রহ করা হয়।



$$C + SO_2 = CO_2 + S$$

(ঘ) জিপসামের সঙ্গে বালু (সিলিকা), ক্যাওলিন, কোক প্রভৃতি মিশাইয়া প্রায় 1400°C-এ চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে $SO_2$-গ্যাস বাহির হইয়া আসে। চুল্লীতে সিমেন্টের কাঁকর পড়িয়া থাকে। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে প্রথমে ক্ষারীয় অ্যালুমিনিয়াম সালফেটে শোষণ করা হয়। পরে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণে আবার $SO_2$-প্রস্তুত করা হয়। পূর্বের পদ্ধতির মত ইহাকে শ্বেততপ্ত কার্বন সাহায্যে বিজারিত করিয়া সালফার উৎপাদন করা হয়।

**২০-১০। সালফারের বহুরূপতা।** সালফার মৌলটির বিভিন্ন রূপভেদ আছে। রাসায়নিক ধর্মের বিশেষ পার্থক্য না থাকিলেও উহাদের ভৌত ধর্মের যথেষ্ট বিভেদ আছে। উহার প্রধান রূপভেদগুলি উল্লেখ করা হইল।

(অ) **কঠিন সালফার**

(১) নিয়তাকার :

(ক) রম্বিক সালফার বা $\alpha$-সালফার ($S_I$)

(খ) প্রিজম সালফার বা $\beta$-সালফার ($S_{II}$)

(গ) নেক্রিয়াস সালফার ($S_{III}$)

(২) অনিয়তাকার :

(ক) প্লাস্টিক সালফার বা নমনীয় সালফার ($\gamma$-সালফার)

(খ) শ্বেত সালফার

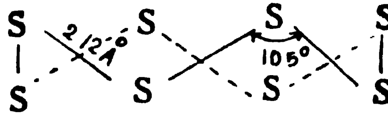
(গ) কলয়েড সালফার

**(আ) তরল সালফার**

(১) λ-সালফার ($S_\lambda$), (২) π-সালফার ($S_\pi$), (৩) μ-সালফার ($S_\mu$)

**(ই) গ্যাসীয় সালফার**

**রম্বিক সালফার ঃ** সাধারণ অবস্থায় যে হলুদ গন্ধক পাওয়া যায়, উহাই রম্বিক সালফার, ইহাকে আলফা সালফার বা অষ্টপলা-সালফারও (octahedral) বলে। সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে অন্যান্য রূপভেদগুলি এই রম্বিক সালফারে পরিণত হইয়া যায়। রম্বিক সালফারের ঘনত্ব, 2.06 ; ইহা জলে অদ্রাব্য ; কোহল এবং ইথারে কিছুটা দ্রবণীয়। কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, সালফার ক্লোরাইড এবং উত্তপ্ত বেনজিন ও তাপিন তেলে যথেষ্ট দ্রবণীয়। ধীরে ধীরে উহাকে তাপিত করিলে উহা 96.5°C-এ β-সালফারে পরিণত হইতে থাকে। কিন্তু তাড়াতাড়ি গরম করিলে রম্বিক সালফার 112.8°C-এ গলিয়া যায়। রঞ্জন রশ্মির পরীক্ষাতে জানা গিয়াছে রম্বিক সালফার স্ফটিকের 'একক সেলে' (unit-cell) ষোলটি পরমাণু আছে এবং প্রতি অণুতে আটটি পরমাণু বর্তমান, $S_8$। এই পরমাণুগুলি আঁকাবাঁকা শৃঙ্খলে আবদ্ধ।




**প্রিজম সালফার বা β-সালফার :** ইহার অপর এক নাম মনোক্লিনিক সালফার। ইহাও নিয়তাকার গন্ধক। α-সালফার 95.6°C-এর চেয়ে অল্প বেশী উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে উহা β-সালফারে পরিণত হইয়া যায়। সাধারণতঃ বিচূর্ণ α-সালফার একটি খর্পরে লইয়া গলান হয়। ইহা 119.5°C-এ গলিয়া একটি হলুদ তরল পদার্থ হয়। এই গলিত গন্ধক আস্তে আস্তে শীতল করিলে প্রথমে উহার উপরিভাগে একটি সর পড়ে। এই অবস্থায় উপরে দুইটি ছিদ্র করিয়া নিম্নস্থ তরল গন্ধকটুকু আস্তে আস্তে ঢালিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। খর্পরের ভিতরে সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ হলুদ স্ফটিকের সৃষ্টি হইয়াছে দেখা যাইবে। ইহাই β-সালফার (ঘনত্ব 1.96)। ইহাও কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। ইহার অণুতেও আটটি পরমাণু ($S_8$) থাকে।

α-সালফারের উষ্ণতা 95.5°C-এর অধিক হইলেই উহা β-সালফারে পরিণত হয়, আবার β-সালফার এই উষ্ণতার নীচে আসিলেই α-সালফারে রূপান্তরিত হইয়া যায়। অর্থাৎ, এই রূপান্তর উভমুখী। অবশ্য 95.6°C এই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় α- এবং β-উভয় সালফারের অস্তিত্বই সম্ভব। যে উষ্ণতায় এইরূপ উভমুখী রূপান্তর সংঘটিত হয় এবং যে উষ্ণতার ঊর্ধ্বে রূপভেদ-দ্বয়ের একটি এবং নিম্নে অপরটি স্থায়ী হয়, সেই উষ্ণতাকে 'সংক্রমণ-উষ্ণতা' (transition temp.) বলা হয়। সালফারের সংক্রমণ উষ্ণতা 95.6°C; $S\alpha \rightleftharpoons S_\beta$। β-সালফার 119.5°C-এ গলিয়া তরল হইয়া যায়, সুতরাং উহার অস্তিত্ব 95.6°C হইতে 119.5°C মধ্যে সীমাবদ্ধ।

দশা চিত্রের সাহায্যে উষ্ণতার সঙ্গে সালফারের বিভিন্ন অবস্থায় পরিবর্তন সহজে বুঝা যায়। ভৌত রসায়নে উহার বিস্তৃত আলোচনা আছে।

**নেক্রিয়াস সালফার** (Nacreous Sulphur, $S_{III}$) : ইহাও একপ্রকার মনোক্লিনিক সালফার। বেনজিন বা টলুইনের সালফারের উষ্ণ দ্রবণকে তাড়াতাড়ি ঠাণ্ডা করিলে মুক্তাসদৃশ উজ্জ্বল সাদা সালফারের স্ফটিক কেলাসিত হয়, ইহাই নেক্রিয়াস সালফার। ইহাও অস্থায়ী এবং ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিণত হইয়া যায়।

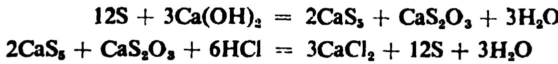
**প্লাস্টিক সালফার** ($\gamma$-সালফার) : সালফারের উপর উত্তাপের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সাধারণ $\alpha$-সালফার লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাকিলে 95.6°C উষ্ণতায় উহা $\beta$-সালফারে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া 119.5°C ডিগ্রীতে উহা গলিয়া ঈষৎ হলুদ তরল সালফারে পরিণতি লাভ করে। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার রং গাঢ় হইতে থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তরল সালফারের সান্দ্রতাও বাড়িতে থাকে এবং 180°C ডিগ্রীতে একটি গাঢ় কমলা রংয়ের অত্যন্ত সান্দ্র পদার্থ পাওয়া যায়। 230°C ডিগ্রীতে এই সান্দ্র পদার্থটি গাঢ়তর হইয়া প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। এই অবস্থায় ইহার সান্দ্রতা এত বেশী থাকে যে পাত্রটি উপুড় করিয়া দিলেও সালফার সহজে গড়াইয়া পড়ে না। আরও অধিক উষ্ণতায় উহার রংয়ের বিশেষ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু উহার সান্দ্রতা কমিয়া সচলতা (mobility) বাড়িয়া যায় এবং পরিশেষে উষ্ণতা 444°C ডিগ্রীতে পৌঁছাইলে উহা ফুটিতে থাকে এবং লাল রংয়ের সালফার বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ ইহার স্ফুটনাঙ্ক 444°C। ফুটন্ত সালফারকে আবার আস্তে আস্তে শীতল করিতে থাকিলে বিপরীত দিকে এই পরিবর্তনগুলি সম্পন্ন হয়।

ফুটন্ত সালফার বা 200°C ডিগ্রীর অধিক উত্তপ্ত তরল সালফারকে যদি হঠাৎ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে রবারের মত নমনীয় একটি সালফারের রূপভেদ পাওয়া যায়। ইহাকে 'নমনীয় গন্ধক বা প্লাস্টিক-সালফার' বলা হয়। ইহা অনিয়তাকার। ইহাকে টানিয়া সহজেই রবারের মত লম্বা করা যায়। সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে $\alpha$-সালফারে পরিণত হয়। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রবণীয়।

**শ্বেত-সালফার** : ফুটন্ত সালফার হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয়, উহা শীতল গ্রাহকের গায়ের সংস্পর্শে আসিয়া ছোট ছোট গুচ্ছ বা স্তবকে জড় হয়। ফুলের মত এই ঘনীভূত সালফারকে **'গন্ধক স্তবক'** বা **'গন্ধকরজ'** (flowers of sulphur) বলে। এই স্তবকসমূহ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিতে গেলে উহার একটি অংশ অদ্রবণীয় থাকিয়া যায়। তাহার রং প্রায় সাদা এবং উহা অনিয়তাকার। ইহাকেই শ্বেত-সালফার বলে। ইহা এক প্রকার $S_{\mu}$।

আর এক প্রকার অনিয়তাকার শ্বেত-সালফারও তৈয়ারী করা যায়। উহাকে **'মিল্ক অব সালফার'** নাম দেওয়া হইয়াছে। কলিচুন ও সালফার চূর্ণ জলের সহিত একত্র ফুটাইয়া লইলে একটি লাল রংয়ের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। ইহাতে ক্যালসিয়াম পলিসালফাইড ও থায়োসালফেট থাকে। এই দ্রবণটি অপরিবর্তিত চুন ও সালফার হইতে ছাঁকিয়া লইয়া উহাতে অ্যাসিড দিলে সালফার উৎপন্ন হয়। ইহাও দেখিতে সাদা,

কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়। ইহাই 'মিল্ক অব সালফার'। ইহা $S_\lambda$-র একটি রূপভেদ মনে করা হয়।



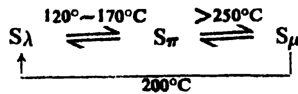
$$12S + 3Ca(OH)_2 = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$
$$2CaS_5 + CaS_2O_3 + 6HCl = 3CaCl_2 + 12S + 3H_2O$$

**কলয়েড সালফার:** $\alpha$-সালফার কোহলে প্রথমে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণটি যদি অতিরিক্ত পরিমাণে ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া হয় তবে উহাতে সালফার খুব সূক্ষ্ম কণিকার আকারে বাহির হইয়া আসে। জল দুধের মত ঘোলাটে সাদা রং ধারণ করে। এই সালফার যদিও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে না তবুও অধঃক্ষিপ্ত হইয়া নীচে আসিয়া জমে না। কণাগুলি এত ছোট যে উহারা জলেই প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে এবং ফিলটার কাগজের সাহায্যেও উহাদের ছাঁকিয়া লওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে 'কলয়েড সালফার' বলে। সোডিয়াম থায়োসালফেটের লঘু দ্রবণকেও কোন অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিলে কলয়েড সালফার উৎপন্ন হয়।



$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + S + SO_2$$

**তরল সালফার:** 119.5°C উষ্ণতার ঊর্ধ্বে সালফার তরল হইয়া যায়। পূর্বেই দেখা গিয়াছে, উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে এই তরল সালফারের সান্দ্রতা এবং রং পরিবর্তিত হইতে থাকে। এমন কি উহার আপেক্ষিক তাপেরও পরিবর্তন হয়। ইহার কারণ, তরল অবস্থাতেও একাধিক রূপভেদ বর্তমান এবং এই রূপভেদগুলির মধ্যে একটা গতিশীল (dynamic) সাম্যাবস্থা আছে। এই সাম্যের অনুপাত অবশ্য উষ্ণতার সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। বস্তুতঃ $S_\lambda$, $S_\pi$ এবং $S_\mu$ এই তিন প্রকার রূপভেদের অস্তিত্ব তরল সালফারে আছে। গলনাঙ্কের কাছে প্রধানতঃ $S_\lambda$-ই থাকে। 120°C ~ 170°C-এই উষ্ণতায় উহাতে $S_\pi$-এর অস্তিত্ব ক্রমশঃ বাড়ে। আরও অধিক উষ্ণতায় 250°C-এর উপরে $S_\mu$-এর পরিমাণ বাড়িতে থাকে। মোটামুটি,



$$S\lambda \underset{}{\overset{120°-170°C}{\rightleftharpoons}} S\pi \overset{>250°C}{\rightleftharpoons} S\mu$$
(200°C: $S\mu \rightarrow S\lambda$)

160°C-এ সাম্যাবস্থায় উহাদের অনুপাত,

$$S\lambda : S\pi : S\mu = 89.2 : 6.7 : 4.1$$

$S\lambda$-এম্বার-রজনের মত পীতাভ, কার্বন-ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য। $S_\mu$-গাঢ় লাল, প্রায় কালো রংয়ের এবং কার্বন-ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়।

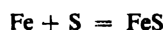
**গ্যাসীয় সালফার:** সালফারের স্ফুটনাঙ্ক 444°C। ফুটন্ত সালফার হইতে গাঢ় লাল রংয়ের বাষ্প বাহির হয়। কিন্তু উষ্ণতা বাড়াইতে থাকিলে বাষ্পের লাল রং কমিতে থাকে এবং পীতাভ হইতে থাকে। 1000°C উষ্ণতায় উহার রং হাল্কা হলুদ। ইহার কারণ বাষ্পে $S_8$, $S_6$, $S_4$, $S_2$ প্রভৃতি সংকেতযুক্ত সালফার-অণু থাকে। 444°C এর কাছাকাছি তাপমাত্রায় প্রধানতঃ $S_8$-অণু থাকে, 1000°C-এ প্রধানতঃ $S_2$-অণু দেখা যায়।

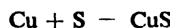
**২০-১১। সালফারের ধর্ম।** (১) সালফার মৌলটি অধাতু। ইহা বিদ্যুৎ এবং তাপ-পরিবাহী নয়। ইহার বহুরূপতার কথা পূর্বের অনুচ্ছেদে বলা হইয়াছে। সালফার

সহজদাহ্য পদার্থ। অক্সিজেন বা বাতাসে উহা পুড়িয়া সালফার-ডাই-অক্সাইড এবং কিঞ্চিৎ সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(২) কোন জারক দ্রব্যের সঙ্গে মিশাইয়া (যেমন, $KNO_3$, $KClO_3$ ইত্যাদি) সালফারকে আগুন ধরাইয়া দিলে বিস্ফোরণ ঘটে। বারুদে এইজন্য সালফার ব্যবহৃত হয়।

(৩) অনেক মৌলের সহিত উহা সাধারণ অবস্থায় বা উত্তপ্ত অবস্থায় সংযুক্ত হইয়া সালফাইড উৎপন্ন করে।





(৪) লঘু অ্যাসিড দ্রবণে সালফার আক্রান্ত হয় না বটে, কিন্তু গাঢ় অক্সি-অ্যাসিডের সহিত সালফার ফুটাইয়া লইলে উহা জারিত হইয়া যায়:




(৫) ক্ষারক দ্রবণের সহিত সালফার-চূর্ণ ফুটাইলে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। সালফারের পরিমাণ বেশী থাকিলে পলিসালফাইডও হইয়া থাকে।

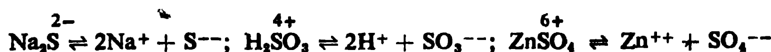



চুনের সহিতও এইরূপ বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

**সালফারের ব্যবহার।** এই অধাতব মৌলটির ব্যবহার অত্যন্ত বেশী। ইহার প্রধান উপযোগিতা সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে। রবার প্রস্তুতিতে ইহা যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। চিকিৎসকগণ মলম ও বিভিন্ন ঔষধ-প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহার করেন। বারুদের জন্যও ইহার প্রচুর প্রয়োজন। ইহা ছাড়া, প্রয়োজনীয় বহু সালফার-যৌগ প্রস্তুত করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়, যেমন, জৈব দ্রাবক কার্বন-ডাই-সালফাইড, সালফাইড রঞ্জক, দীপশলাকার জন্য ফসফরাস সালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট, বিরঞ্জক ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট ইত্যাদি। কীট বিনাশকরূপে শস্যক্ষেত্রে, কখন কখনও সালফার ব্যবহৃত হয়।

## সালফারের যৌগ

সালফারের যৌগগুলিতে সালফারের যোজ্যতা সচরাচর দুই, চার এবং ছয় হইয়া থাকে; যেমন,



দ্বিযোজী অ্যানায়ন অথবা চতুর্যোজী কিংবা ষড়যোজী জটিল অ্যানায়ন হিসাবে উহা থাকে। সালফারের সমযোজী যৌগতেও উহার যোজ্যতা চার এবং ছয় দেখা যায়; যথা, $SO_2$, $SO_2Cl_2$, ইত্যাদি।

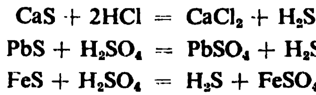
## সালফারের হাইড্রাইড

সালফারের দুইটি হাইড্রাইড প্রধানতঃ উল্লেখযোগ্য; (১) হাইড্রোজেন সালফাইড, $H_2S$ এবং

(২) হাইড্রোজেন ডাইসালফাইড, $H_2S_2$। এতদ্ব্যতীত, উহার কতকগুলি পলিসালফাইডও আছে, যেমন, $H_2S_3$, $H_2S_4$ ইত্যাদি।

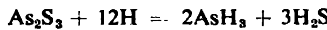
**২০-১২। হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, $H_2S$।** হাইড্রোজেনের সহিত সালফারের দ্বিযৌগিক পদার্থটি গ্যাসীয় এবং ইহাকেই হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বলে। কোন কোন প্রস্রবণের জলে, আগ্নেয়গিরির গ্যাসে এবং পচনশীল অনেক জৈবপদার্থে এই গ্যাসটি থাকে। পচা ডিম, মাছ, চামড়া প্রভৃতির দুর্গন্ধ প্রধানতঃ এই গ্যাসটির জন্যই।

**প্রস্তুতি।** সচরাচর ধাতব সালফাইডের উপর হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়; যথা,



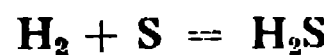
$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$
$$PbS + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2S$$
$$FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4$$

কোন কোন ক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন $(Zn + H_2SO_4)$ দ্বারা ধাতব সালফাইড হইতে $H_2S$ উৎপাদন করা হয়।



$$As_2S_3 + 12H = 2AsH_3 + 3H_2S$$

সালফার বাষ্প এবং হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে মিচূর্ণ নিকেলের উপর দিয়া 450°C উষ্ণতায় পরিচালিত করিয়া খুব বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড তৈয়ারী করা যায়।



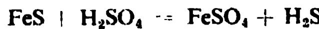
$$H_2 + S = H_2S$$

**ল্যাবরেটরী পদ্ধতি।** (১) ফেরাস সালফাইড এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সংস্পর্শে আসিলেই হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই এইভাবে এই গ্যাসটি প্রস্তুত করা হয়।



$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী, সুতরাং বায়ু প্রতিস্থাপিত করিয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।

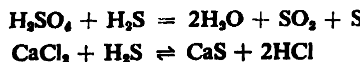


$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

পারদের উপরে এই গ্যাস সঞ্চয় করা যায় না, কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

প্রয়োজনানুরূপ এবং অধিক পরিমাণে এই গ্যাস পাইতে হইলে কিপ্-যন্ত্রে হাইড্রোজেনের মত ইহা উৎপাদন করা হয়।

ফেরাস-সালফাইড হইতে উৎপন্ন গ্যাস বিশুদ্ধ নহে। প্রায়ই উহার সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকে, কারণ, ফেরাস-সালফাইডে কিছু লৌহ মৌলাবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করাও একটু কষ্টসাধ্য। গাঢ় $H_2SO_4$ বা $CaCl_2$ ব্যবহার করা যায় না। কারণ, উহাদের সহিত $H_2S$ গ্যাস নিজেই বিক্রিয়া করে:



$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$
$$CaCl_2 + H_2S \rightleftharpoons CaS + 2HCl$$

অনার্দ্র অ্যালুমিনার ( $(Al_2O_3)$ সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধ করা যাইতে পারে।

(২) অ্যান্টিমনি সালফাইডের উপর গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়:



$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

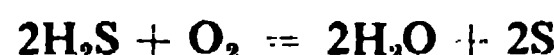
**২০-১৩। হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম।** (১) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পচা ডিমের মত দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী এবং জলে দ্রবণীয়। গ্যাসটির বিষক্রিয়া উল্লেখযোগ্য এবং বহুক্ষণ ধরিয়া শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মারাত্মক হইতে পারে।

হাইড্রোজেন সালফাইড অপর বস্তুর দহন সমর্থন করে না বটে, কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। অক্সিজেনে বা বাতাসে উহা একটি নীল শিখা সহকারে জ্বলিতে থাকে এবং জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে:



$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$$

কিন্তু অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকিলে সালফার পাওয়া যায়।



$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড একটি মৃদু দ্বিক্ষারী অ্যাসিড।



$$H_2S = H^+ + HS^- \qquad K_1 = 9.8 \times 10^{-8}$$



$$HS^- = H^+ + S^{--} \qquad K_2 = 1.2 \times 10^{-15}$$



$$H_2S + NaOH = NaHS + H_2O\ ; \quad H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

ইহা অধিকাংশ ধাতুকেই আক্রমণ করিয়া উহাদিগকে ধাতব-সালফাইডে পরিণত করে। সোনা ও প্লাটিনাম অবশ্য আক্রান্ত হয় না।



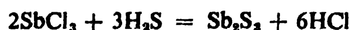
$$2Ag + H_2S = Ag_2S + H_2 \qquad Sn + H_2S = SnS + H_2,$$



$$Pb + H_2S = PbS + H_2$$

ল্যাবরেটরীতে রূপা বা নিকেলের ঘড়ি প্রায়ই কালো হইয়া যায়। কারণ $H_2S$ ধীরে ধীরে উহাদের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাদের উপর একটি কালো সালফাইডের আবরণ সৃষ্টি করে।

(৩) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ধাতব সালফাইডসমূহ অধঃক্ষিপ্ত করে। এই সকল সালফাইড অনেক ক্ষেত্রেই অদ্রবণীয় এবং উহাদের অনেকের বিশিষ্ট রং থাকে। এই কারণে উহাদের সহজেই চিনিতে পারা যায়; যেমন,



$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

( নারঙ্গ )



$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

( কালো )



$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

( সাদা )

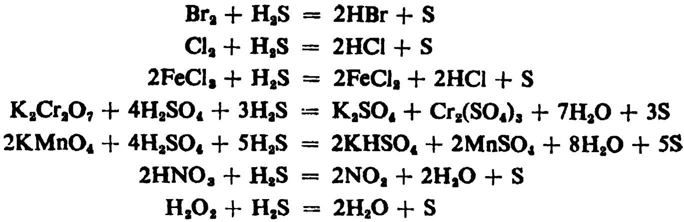


$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

( কালো )

অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে এই বিক্রিয়াসমূহ বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

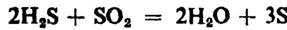
(৪) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিজারণ-ক্রিয়াও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সহজে হাইড্রোজেন বিযোজন সম্ভব বলিয়াই ইহা বিজারকের কাজ করিতে পারে। হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদির দ্রবণের ভিতর গ্যাসটি পরিচালিত করিলেই উহারা বিজারিত হইয়া যায়:



$$Br_2 + H_2S = 2HBr + S$$
$$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$$
$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$
$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$
$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 5H_2S = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$
$$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2 + 2H_2O + S$$
$$H_2O_2 + H_2S = 2H_2O + S$$

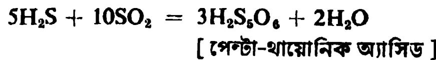
বিজারক $H_2S$ প্রতিক্ষেত্রেই নিজে জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনও আর্দ্র-অবস্থায় পরস্পরের ভিতর ক্রিয়ার ফলে সালফার উৎপাদন করে। ইহাও একটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া।



$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

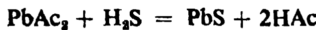
কিন্তু শীতল অবস্থায় (0°C) এই দুইটি গ্যাসের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিলে বিভিন্ন থায়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই মিশ্রিত দ্রবণেকে 'ভ্যাকেনরদার দ্রবণ' (Wackenroder's solution) বলা হয়:



$$5H_2S + 10SO_2 = 3H_2S_5O_6 + 2H_2O$$
[ পেন্টা-থায়োনিক অ্যাসিড ]

## ২০-১৪। হাইড্রোজেন সালফাইড এবং ধাতব সালফাইডের পরীক্ষা।

(১) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি উহার গন্ধ হইতেই অতি সহজে চেনা যায়। অথবা গ্যাসটিকে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত একটি কাগজের সংস্পর্শে আনিলেই কাগজটি কালো হইয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের একটি নিশ্চিত পরীক্ষা। লেড সালফাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্যই কাগজটি কালো হয়।



$$PbAc_2 + H_2S = PbS + 2HAc$$

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি কস্টিকসোডার লঘু দ্রবণে শোষণ করিয়া উহাতে একটু সোডিয়াম নাইট্রো-প্রুসাইড দ্রবণ মিশাইলে সুন্দর বেগনী রংয়ের সৃষ্টি হয়।



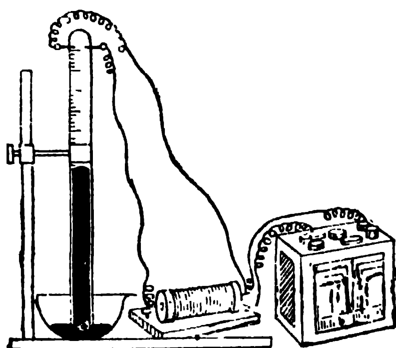
$$Na_2S + Na_2[Fe(NO)(CN)_5] = Na_4[Fe(NOS)(CN)_5]$$

(৩) ধাতব সালফাইড পরীক্ষা করিতে হইলে উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে $H_2S$ উৎপন্ন করা হয় এবং তৎপর এই উৎপন্ন $H_2S$-এর পরীক্ষা করা হয়। $ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S$। কখনও কখনও এই $H_2S$ উৎপন্ন করিতে জায়মান-হাইড্রোজেনের প্রয়োজন হয়।

## ২০-১৫। হাইড্রোজেন সালফাইডের সংযুতি ও সংকেত।

একটি গ্যাসমান যন্ত্রে পারদের উপর নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস লইয়া উহার

ভিতর বিদ্যুৎ-ক্ষরণ করা হয়। ইহাতে গ্যাসটি বিযোজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও সালফারে পরিণত হয়। ঠাণ্ডা করিয়া গ্যাসটিকে পূর্ব উষ্ণতায় এবং পূর্বতন চাপে লইয়া আবার উহার আয়তন নির্ধারণ করা হয়। সর্বদাই দেখা যায়, বিযোজনের পূর্বে ও পরে গ্যাসের আয়তনের কোন তারতম্য হয় না। এই বিযোজনের ফলে যেটুকু সালফার উৎপন্ন হয় তাহা কঠিন অবস্থায় থাকে এবং উহার আয়তন নগণ্য। অতএব হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সমআয়তনের হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (চিত্র ২০-ছ)।



চিত্র ২০-ছ। হাইড্রোজেন সালফাইডের সংযুতি নির্ণয়

$$H_2S = H_2 + S$$

সঙ্কেত: x ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন সালফাইডে x ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন আছে। মনে কর, x ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাসের অণু-সংখ্যা, p (অ্যাভোগাড্রো)।

$\therefore$ p-সংখ্যক হাইড্রোজেন সালফাইড অণুতে p-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু আছে। অর্থাৎ, একটি হাইড্রোজেন সালফাইড অণুতে একটি হাইড্রোজেন অণু; অর্থাৎ দুইটি পরমাণু আছে।

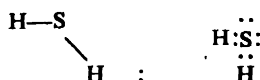
যদি হাইড্রোজেন সালফাইডের অণুতে n-সংখ্যক সালফার পরমাণু থাকে, তাহা হইলে উহার অণুর সঙ্কেত হইবে, $H_2S_n$।

এই সঙ্কেত অনুযায়ী উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $2 \times 1 + n \times 32$; ($\because S = 32$)

কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইডের ঘনত্ব $= 17$ অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব $= 34$।

$\therefore$, $2 \times 1 + n \times 32 = 34$; অর্থাৎ $n = 1$

জলের অণুর মত, হাইড্রোজেন সালফাইডের গঠনও রৈখিক নয়।




উহার অন্তবর্তী কোণের পরিমাণ, $\angle HSH = 92.2°$।

**২০-১৬। হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার।** বিজারক হিসাবে কোন কোন ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন সালফাইড ব্যবহৃত হয় বটে, তবে রাসায়নিক বিশ্লেষণেই উহার প্রয়োগ সর্বাধিক।

অধিকাংশ ধাতব সালফাইডের জলে দ্রবণীয়তা খুব কম। ক্ষারধাতুর এবং মৃৎক্ষার ধাতুর সালফাইড জলে যথেষ্ট দ্রাব্য, কিন্তু অন্যান্য সালফাইডের (যেমন, HgS, CuS, ZnS, NiS, ইত্যাদির) দ্রাব্যতা-গুণফল $10^{-15} \sim 10^{-54}$-এর মধ্যে। সুতরাং ঐ সকল ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণে সামান্য $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলেই উহারা অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। এই অধঃক্ষেপ দ্রবণের $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করিবেই (অনুচ্ছেদ ৫-১২)।

দেখা গিয়াছে, ধাতব সালফাইডগুলি তিন রকমের। উহাদের কতকগুলি, যেমন,

HgS, CuS, SnS ইত্যাদি অ্যাসিডে অদ্রাব্য। পরন্তু অপর কতকগুলি যেমন ZnS, MnS প্রভৃতি অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু ক্ষারে অদ্রবণীয়। আবার CaS, $Na_2S$ ইত্যাদি জলেই দ্রবীভূত হয়, অ্যাসিড ও ক্ষারে ত' হইবেই। সুতরাং যদি কতকগুলি অজৈব লবণ একত্র মিশ্রিত থাকে, তবে উহার জলীয় দ্রবণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পরিচালিত করিয়া উহাদিগকে উক্ত তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত করা সম্ভব। একটি উদাহরণ হইতেই ইহা সম্যক বুঝা যাইবে।

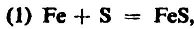
মনে কর, একটি মিশ্রণে $ZnSO_4$, $CuSO_4$ এবং $K_2SO_4$ আছে। প্রথমে উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া একটু HCl দিয়া অম্লীকৃত করা হয় এবং এই আম্লিক দ্রবণে $H_2S$ গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে মিশ্রণ হইতে শুধু কালো CuS সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে, অপর দুইটি ধাতব দ্রবণের পরিবর্তন হইবে না। CuS ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎটির সহিত অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করিয়া উহার অম্লত্ব দূর করিয়া ক্ষারীয় করা হয়। ইহাতে পুনরায় $H_2S$ গ্যাস পরিচালনা করা হয়। এখন মিশ্রণ হইতে সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হইবে, কিন্তু পটাসিয়াম লবণের কিছু হইবে না; উহা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিবে। ZnS ছাঁকিয়া মিশ্রণ হইতে সরাইয়া লওয়া যাইতে পারে। পরিস্রুতের ভিতর পটাসিয়াম লবণ থাকিয়া যাইবে। সুতরাং তিনটি লবণই পৃথক করা গেল। অনেক সময় বিশিষ্ট রংয়ের জন্য, যেমন, সাদা ZnS, পীত $As_2S_3$ প্রভৃতি ধাতব সালফাইডের স্বরূপ নির্ণয় সম্ভব। বস্তুতঃ অজৈব লবণের পরীক্ষা এবং বিশ্লেষণে $H_2S$ ব্যবহার প্রায় অপরিহার্য।

**২০–১৭। হাইড্রোজেন পারসালফাইড, $H_2S_2$ এবং পলিসালফাইড সমূহ।** ক্ষারধাতুর এবং মৃৎক্ষার ধাতুর সালফাইডকে অতিরিক্ত সালফারচূর্ণ সহ ক্ষারীয় দ্রবণে ফুটাইলে উহাদের পলিসালফাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। এই সকল ধাতব পলিসালফাইডের জলীয় দ্রবণ খুব শীতল (−10°C) গাঢ় HCl-এর সঙ্গে মিশ্রিত করিলে, ধীরে ধীরে একটি ভারী হলুদ রংয়ের তৈল পাত্রের নীচে জমে। এই তৈলটি বিভিন্ন হাইড্রোজেন-পলিসালফাইডের মিশ্রণ। উহাতে প্রধানতঃ থাকে হাইড্রোজেন ডাইসালফাইড, $H_2S_2$। ইহা ছাড়া, অল্পাধিক $H_2S_3$, $H_2S_4$, $H_2S_6$ ইত্যাদি পলিসালফাইড থাকে। উহাদের সাধারণ সংকেত দেওয়া হয়, $H_2S_n$; ($n = 2, 3, 5, 6$ . . ইত্যাদি)। তরল হলুদ তৈলটিকে নিম্নচাপে আংশিক-পাতন করিয়া বিভিন্ন পলিসালফাইড পৃথক করা হয়।

**হাইড্রোজেন পারসালফাইড** $H_2S_2$। ইহা একটি গাঢ় হলুদ বর্ণের তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত তৈল, স্ফুটনাঙ্ক, 70.7°C। ইহা খুব স্থায়ী নয়, বিশেষতঃ জল এবং ক্ষারের উপস্থিতিতে সহজেই ভাঙিয়া $H_2S$ ও সালফারে পরিণত হয়। ইহা বেনজিন এবং কার্বন-ডাই-সালফাইডে দ্রবিত হয়। অনেক জৈব-যৌগ ইহাতে দ্রব হয়। রমণ-বর্ণালীর পরীক্ষা হইতে $H_2O_2$-এর সঙ্গে গঠন ও অন্যান্য বিষয়ে যথেষ্ট সাদৃশ্য আছে দেখা যায়। যদিও $H_2O_2$ অপেক্ষা ইহার আয়নীয় গুণ ক্ষীণতর।

**২০-১৮। সালফাইড এবং পলিসালফাইড যৌগসমূহ।** হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেনকে ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগ হয় উহাই ধাতব সালফাইড। ধাতব সালফাইড প্রস্তুত করার জন্য ক্ষেত্রবিশেষে তিনটি পদ্ধতির সাহায্য

গ্রহণ করা হয়। (১) ধাতুর সঙ্গে সালফার চূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। (২) ধাতব সালফেট ও কোকচূর্ণ একত্র মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং (৩) কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিয়া ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।




$$(1)\ Fe + S = FeS, \qquad (2)\ CaSO_4 + 4C = CaS + 4CO$$

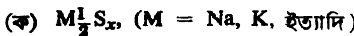


$$(3)\ CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

অধাতব সালফাইডের মধ্যে বিশেষ উল্লেখযোগ্য হইল কার্বন-ডাই-সালফাইড ($CS_2$) এবং ফসফরাসের সালফাইডসমূহ ($P_2S_5$, $P_4S_7$, $P_4S_3$ . . .)। তড়িৎ-চুল্লীতে লোহিত-তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়া সালফার বাষ্প পাঠাইয়া কার্বন-ডাই-সালফাইড তৈয়ারী হয়; $C + 2S = CS_2$। যথেষ্ট উদ্বায়ী, তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন এই তরল জৈবদ্রাবকটির যথেষ্ট শিল্প-মূল্য আছে।

লাল ফসফরাস এবং বিভিন্ন মাত্রার সালফার-চূর্ণের মিশ্রণ একত্র উত্তপ্ত করিয়া ফসফরাসের সালফাইডসমূহ প্রস্তুত করা হয়।

ক্ষার-ধাতু এবং মৃৎক্ষারধাতুর সালফাইডের দ্রবণ সালফার চূর্ণসহ ফুটাইলে বিভিন্ন ধাতব পলিসালফাইড গঠিত হয়। উহাদের সংকেত,



(ক) $M^I_2S_x$, ($M$ = Na, K, ইত্যাদি)



(খ) $M^{II}S_x$, ($M$ = Ca, Ba, ইত্যাদি); ($x = 2 \sim 5$)

ল্যাবরেটরীতে বহুল ব্যবহৃত হলুদ অ্যামোনিয়াম সালফাইডও একটি পলিসালফাইড দ্রবণ। জলীয় অ্যামোনিয়া-দ্রবণে সালফার-চূর্ণ মিশাইয়া উহাতে ক্রমাগত $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করা হয়। এই বিক্রিয়ার ফলে যে লাল্‌চে-হলুদ দ্রবণ পাওয়া যায়, উহাই অ্যামোনিয়াম-পলিসালফাইড। খুব ঠাণ্ডা করিলে, উহা হইতে $(NH_4)_2S_5$ স্ফটিক কেলাসিত হয়। এই পলিসালফাইড দ্রবণ রাসায়নিক বিশ্লেষণে As, Sb ও Sn-এর সালফাইড অপসারণে প্রয়োজন হয়।

## সালফারের অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিডসমূহ

সালফারের অনেকগুলি অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিড আছে। উহাদের একটি তালিকা দেওয়া হইতেছে। ইহাদের মধ্যে কয়েকটি অক্সি-অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না এবং জলীয় দ্রবণেও উহারা প্রায়ই অস্থায়ী। কিন্তু এই সকল অ্যাসিডের লবণ জানা আছে এবং সেই লবণসমূহ স্থায়ী যৌগ। এইরূপ অ্যাসিডগুলিকে * চিহ্ন দ্বারা তালিকাতে নির্দেশ করা হইল।

| অক্সাইড | অক্সি-অ্যাসিড |
|---|---|
| সালফার মনোক্সাইড, SO | সালফ-অক্সিলিক অ্যাসিড, $H_2SO_2$* |
| সালফার সেস্কুই-অক্সাইড, $S_2O_3$ | হাইড্রোসালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2S_2O_4$* |
| সালফার ডাই-অক্সাইড, $SO_2$ | সালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2SO_3$* (দ্রবণ) |
| সালফার ট্রাই-অক্সাইড, $SO_3$ | (১) সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2SO_4$<br>(২) থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_3$* |

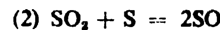
[n = 2, 3, 4, 5 এবং 6]
(দ্রবণে এবং লবণ হিসাবে ইহাদের পাওয়া যায়)।

অক্সাইডের বিপরীতে অক্সি-অ্যাসিডের নাম দেওয়া হইয়াছে বলিয়াই যে উহারা সেই সকল অক্সাইড হইতে পাওয়া যাইবে, তাহা নহে। সংরচনার বিচারে উহাদের পারস্পরিক সম্পর্কের জন্য ঐরূপে লেখা হইয়াছে।

**২০-১৯। সালফার মনোক্সাইড, SO।** বিচূর্ণ সিলভার ধাতুর সঙ্গে থায়োনিল ক্লোরাইডের বিক্রিয়াতে সালফার মনোক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। সালফার বাষ্প এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণে বিদ্যুৎক্ষরণ করিলেও এই গ্যাস উৎপন্ন হয়।



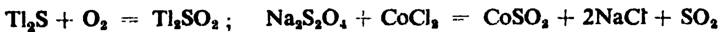
(1) $SOCl_2 + 2Ag = SO + 2AgCl$



(2) $SO_2 + S = 2SO$

এই বর্ণহীন গ্যাসটি সাধারণ উষ্ণতায় স্থায়ী, কিন্তু উত্তাপে (100°C) বিয়োজিত হইয়া আবার সালফার ও সালফার-ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। ইহা জলে বিশেষ দ্রবণীয় নয়। উহার সংকেত, S=O।

**২০-২০। সালফ-অক্সিলিক অ্যাসিড, $H_2SO_2$।** এই অ্যাসিডটি যদিও সাংকেতিক বিচারে মনোক্সাইড উদ্ভূত মনে হয়, কিন্তু মনোক্সাইড হইতে উহা পাওয়া যায় না। বিশুদ্ধ অবস্থাতেও উহা তৈয়ারী করা যায় না। কিন্তু উহার থ্যালিয়াম বা কোবাল্ট লবণ নিম্নোক্ত উপায়ে প্রস্তুত করা যায়:



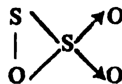
$Tl_2S + O_2 = Tl_2SO_2$; $Na_2S_2O_4 + CoCl_2 = CoSO_2 + 2NaCl + SO_2$

**২০-২১। সালফার সেস্কুই-অক্সাইড, $S_2O_3$।** তরল সালফার-ট্রাই-অক্সাইডে বিচূর্ণ সালফার দ্রবিত করিলে সবুজ রংয়ের কঠিনাকার সালফার সেস্কুই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$SO_3 + S = S_2O_3$$

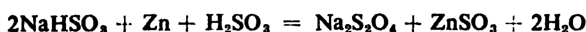
ইহা খুবই অস্থায়ী এবং জলের সংস্পর্শে আসিলে উহা ভাঙিয়া যায়; এবং সালফার ও বিভিন্ন রকমের অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ইহার সংকেত দেওয়া হইয়াছে,



**২০-২২। হাইড্রোসালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2S_2O_4$।** ইহা আরও দুইটি নামে পরিচিত, 'ডাইথায়োনাস অ্যাসিড' বা 'হাইপোসালফিউরাস অ্যাসিড'। আবার, থায়ো-

সালফিউরিক অ্যাসিডের লবণ, সোডিয়াম থায়োসালফেটকে ($Na_2S_2O_3$) সাধারণতঃ 'হাইপো' বা 'সোডিয়াম হাইপো সালফাইট' বলা হয়। সুতরাং এই দুইয়ের মধ্যে বিভ্রান্তির সম্ভাবনা আছে।

এই অ্যাসিডটিও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়। উহার অনেক লবণ অবশ্য জানা আছে। সোডিয়াম-বাই-সালফাইটকে জিঙ্ক ও অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করিলে সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইট লবণের দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$2NaHSO_3 + Zn + H_2SO_3 = Na_2S_2O_4 + ZnSO_3 + 2H_2O$$

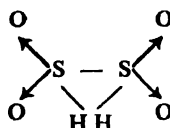
জিঙ্ককে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া অপসারিত করিলে, পরিস্রুৎ হইতে $Na_2S_2O_4, 2H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত করা যায়।

এই লবণের দ্রবণে অ্যাসিড দিলে $H_2S_2O_4$ উৎপন্ন হয় বটে, কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই বিয়োজিত হইয়া যায়:

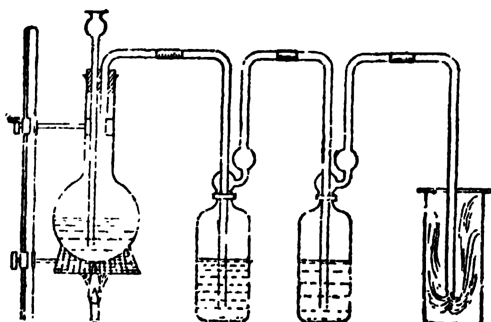


$$2H_2S_2O_4 + H_2O = 3H_2SO_3 + S$$

সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইট উৎকৃষ্ট বিজারক, নানা রকম জৈব রঞ্জক বিজারণে উহা ব্যবহৃত হয়। এই অ্যাসিডটির সংকেত,




**২০-২৩। সালফার ডাই-অক্সাইড, $SO_2$।** **প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি।** খানিকটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এবং কপারের ছিলা একটি গোলকুপীতে লইয়া উহাকে তার-জালির উপরে রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র ২০-জ)। ফুটন্ত সালফিউরিক অ্যাসিড কপার দ্বারা বিজারিত হয় এবং সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস ও কপার সালফেট উৎপন্ন হয়। গ্যাসটি অত্যন্ত ভারী, উহা নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। গাঢ় $H_2SO_4$-এর দ্বারা ধৌত করিয়া উহাকে সহজেই বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র ২০-জ। $SO_2$ গ্যাস প্রস্তুতি



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

অনুরূপ অবস্থায় কপারের পরিবর্তে অন্যান্য ধাতু বা অধাতুর দ্বারা উক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারণ করিয়া $SO_2$ গ্যাস পাওয়া সম্ভব। যেমন,



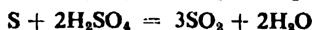
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$



$$C + 2H_2SO_4 = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O$$



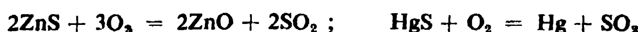
$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

(২) অধিক পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হইলে সালফার পোড়াইয়া অথবা আয়রণ-পাইরাইটিস্ খনিজের তাপজারণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।



$$S + O_2 = SO_2; \quad 4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

অনেক খনিজকেই সালফাইড অবস্থায় পাওয়া যায়। সেই সব খনিজ হইতে ধাতু নিষ্কাশন-কালে সালফার ডাই-অক্সাইড উপজাত হয়।



$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 ; \quad HgS + O_2 = Hg + SO_2$$

(৩) সোডিয়াম বাই-সালফাইটের গাঢ় দ্রবণের উপর বিন্দু বিন্দু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে সালফার ডাই-অক্সাইড সহজেই পাওয়া যায়:



$$NaHSO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + SO_2 + H_2O$$

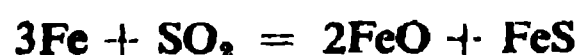
অনেক সময়েই ল্যাবরেটরীতে এ পদ্ধতিটির প্রয়োগ দেখা যায়।

**সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম।** (১) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি তীব্র ঝাঁঝালো শ্বাসনিরোধী গন্ধ আছে। বাতাস অপেক্ষা ইহা অনেক বেশী ভারী (বাঃ ঘনত্ব=32)। ইহাকে খুব সহজে তরল করা যায়। সাধারণ উষ্ণতায় একটু বেশী চাপ দিলেই ইহা তরলিত হইয়া থাকে। তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে অনেক মৌল এবং কোন কোন লবণ দ্রবীভূত হয়।

(২) সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না; তবে জ্বলন্ত পটাসিয়াম ও লৌহচূর উহাতে জ্বলিতে থাকে:



$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$



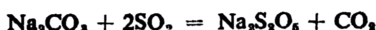
$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

(৩) এই অক্সাইডটি অম্লজাতীয়; উহার জলীয় দ্রবণই সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ।



$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$SO_2$ ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া সালফাইট লবণ দেয়। এমন কি, কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটও উহার সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং মেটাবাইসালফাইট উৎপন্ন করে।



$$Na_2CO_3 + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + CO_2$$

[ সোডিয়াম মেটাবাইসালফাইট ]

(৪) সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া অথবা ওজোন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3; \quad 3SO_2 + O_3 = 3SO_3$$

বস্তুতঃ, এই অক্সিজেন-গ্রহণ-ক্ষমতার জন্যই সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ-গুণসম্পন্ন হইয়াছে। হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি বহু বস্তুকে ইহা সহজেই বিজারিত করে।



$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$



$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$



$$SO_2 + 2FeCl_3 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$



$$H_2O_2 + SO_2 = SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দিলে লাল পটাস পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন এবং পীত পটাস ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ হইয়া থাকে। উভয়েই বিজারিত হইয়া যায়:



$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$



$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

এইসব বিজারণের ফলে $SO_2$ সর্বদাই সালফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

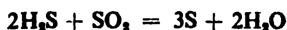
অনেক জৈবজাতীয় রঙীন পদার্থকেও সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জিত করিয়া থাকে। সেই জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড বা সালফিউরাস অ্যাসিড বিরঞ্জক হিসাবে যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। এই বিরঞ্জন-ক্রিয়া জল ব্যতিরেকে হইতে পারে না। খুব সম্ভবতঃ $SO_2$ প্রথমে জলের সহিত ক্রিয়ার ফলে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, এবং এই জায়মান হাইড্রোজেনই প্রকৃত বিরঞ্জক।



$$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H$$

অর্থাৎ বিজারণ-গুণের জন্যই সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জন-ক্রিয়া করিতে সমর্থ হয়। কয়েকটি রঙীন ফুলের পাপড়ি সিক্ত অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রাখিয়া দিলে কয়েক মিনিটেই উহা সাদা হইয়া যায়। ক্লোরিন বা বিরঞ্জক-চূর্ণ সিল্ক, উল প্রভৃতির পক্ষে ক্ষতিকর। সুতরাং, সালফার ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাদিগকে পরিষ্কৃত করা হয়।

(৫) কোন কোন ক্ষেত্রে আবার সালফার ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। যেমন:



$$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$$



$$SO_2 + C = CO_2 + S \text{ ( 1100°C উষ্ণতায় )}$$



$$4FeCl_2 + SO_2 + 4HCl = 4FeCl_3 + 2H_2O + S$$

(৬) সালফার ডাই-অক্সাইডের যুত-যৌগিক তৈয়ারী করারও যথেষ্ট ক্ষমতা পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন মৌল ও যৌগের সহিত উহা যুক্ত হইতে পারে:



$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2 \quad \text{( প্রখর সূর্যালোকে )}$$



$$2SO_2 + Zn = ZnS_2O_4 \quad \text{( জিঙ্ক হাইড্রোসালফাইট )}$$



$$SO_2 + PbO_2 = PbSO_4$$

(৭) $SO_2$-দ্বারা সম্পৃক্ত সালফিউরাস অ্যাসিডকে একটি আবদ্ধ নলে লইয়া 150°C-এ তাপিত করিলে, দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে। ইহা দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড যে একটি সালফার-যৌগ তাহা প্রমাণ করা যায়।



$$3H_2SO_3 = H_2O + 2H_2SO_4 + S$$

(৮) **তরল সালফার ডাই-অক্সাইড ঃ** তরলিত সালফার-ডাই-অক্সাইড জল বা তরল অ্যামোনিয়ার মত দ্রাবকরূপে ব্যবহার করে।

(ক) জল যেমন অন্যান্য যৌগের সঙ্গে সংযোজিত হইয়া সোদক কেলাস গঠন করে, $SO_2$ ও কোন কোন যৌগের সঙ্গে সংযোজিত হইয়া থাকিতে পারে ; যেমন, $SrI_2, 4SO_2$; $RbI, 3SO_2$; $KCNS, SO_2$ ইত্যাদি।

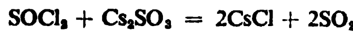
তরল $SO_2$ আবার আংশিক বিয়োজনে ক্ষার ও অম্লাত্মক আয়নে অবস্থান করে।



$$2SO_2 = SO^{++} + SO_3^{--}$$

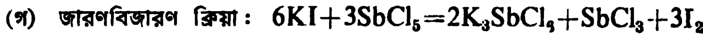
তরল $SO_2$-তে দ্রবিত করিয়া নানারকম বিক্রিয়া ঘটান সম্ভব। তাহার কিছু উদাহরণ দেওয়া হইতেছে।

(খ) অ্যাসিড-ক্ষারক প্রশমন-ক্রিয়া : এই তরলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটির টাইট্রেশন করা সম্ভব। প্রশমনের ফলে লবণ এবং দ্রাবক উৎপন্ন হয়।



$$SOCl_2 + Cs_2SO_3 = 2CsCl + 2SO_2$$

অ্যাসিড ক্ষার লবণ দ্রাবক



(গ) জারণবিজারণ ক্রিয়া : $6KI + 3SbCl_5 = 2K_3SbCl_6 + SbCl_3 + 3I_2$

তরল $SO_2$-দ্রাবকে অ্যান্টিমনি পেন্টা-ক্লোরাইড দ্বারা পটাসিয়াম আয়োডাইডের জারণ করা যায় এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা মাপিয়া বিক্রিয়ার পরিমাণ জানা সম্ভব।

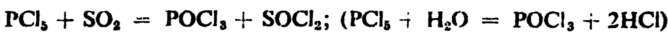
(ঘ) এই দ্রাবকে দুইটি যৌগের দ্রবণের মিশ্রণে বিক্রিয়াজাত পদার্থের অধঃক্ষেপণ সম্ভব ; যেমন,



$$BaI_2 + Zn(CNS)_2 = Ba(CNS)_2 + ZnI_2$$

অধঃক্ষেপ

(ঙ) জল যেমন আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটায়, সেইরূপ তরল $SO_2$-ও অনেক যৌগের দ্রাবক-বিশ্লেষণ (solvolysis) ঘটায় ; যেমন,



$$PCl_5 + SO_2 = POCl_3 + SOCl_2;\ (PCl_5 + H_2O = POCl_3 + 2HCl)$$

**সালফার ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা ও ব্যবহার।** এই গ্যাসটি উহার তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ হইতেই বুঝা যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটে সিক্ত কাগজ উহার সংস্পর্শে আসিলেই সবুজ হইয়া যায়। এই পরীক্ষাটিই সর্বদা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োগ করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডেট ও স্টার্চ-এর মিশ্রিত দ্রবণ এই গ্যাসে নীল হইয়া যায়।

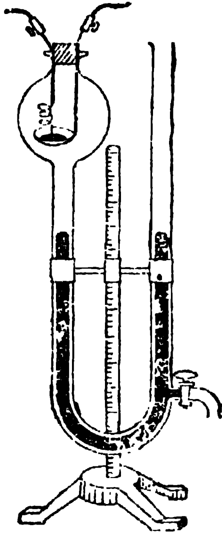


$$2KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = 3H_2SO_4 + 2KHSO_4 + I_2$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের বিবিধ ব্যবহার প্রচলিত। সাধারণ বিরঞ্জক হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। চিনি উৎপাদনেও ইহা বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রোগ-জীবাণু-নাশক বলিয়া ইহা বীজঘ্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মাংস প্রভৃতির পচন ও ছাতা-পড়া নিবারণ করার জন্যও ইহা ব্যবহার হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইড প্রস্তুতিতেই সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার সর্বাধিক। ক্লোরিন যে সকল ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, সেখানে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত করিতেও সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হয়।

**২০–২৪। সালফার ডাই–অক্সাইডের সংযুতি সঙ্কেত।** একটি অংশাঙ্কিত U-নলের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয় করা হয়। U-নলের একটি

বাহুর শেষ প্রান্ত একটি প্রশস্ত গোলকে পরিণত করিয়া লওয়া হয় (চিত্র ২০-ঝ)। এই গোলকের কাচের ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত কপারের তার ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। একটি তার গোলকের প্রায় মধ্যস্থলে গিয়া একটি চামচেতে শেষ হইয়াছে। একটি সরু প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলীর দ্বারা এই চামচটি কপারের অপর তারটির সহিত যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। চামচের ভিতরে একটুখানি সালফার লওয়া হয়। সম্পূর্ণ গোলকটি এবং U-নলের কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। এই অক্সিজেন পারদের উপরে থাকে। উভয় বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া ভিতরের অক্সিজেনকে বায়ুচাপেই রাখা হয়। অতঃপর কপারের তার দুইটির সাহায্যে প্লাটিনাম কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়। প্লাটিনাম লোহিততপ্ত হইয়া উঠে এবং এই তাপে সালফারের টুকরাটি প্রজ্বলিত হইয়া অক্সিজেন সহযোগে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। বিক্রিয়াটি শেষ হইয়া গেলে ব্যাটারী হইতে মুক্ত করিয়া যন্ত্রটিকে শীতল করিয়া পূর্বতন উষ্ণতায় ফিরাইয়া আনা হয়। পারদ-তল উভয় বাহুতে একই রাখিলে দেখা যায় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে নাই। অথচ খানিকটা অক্সিজেন ব্যয় হইয়াছে ও তৎপরিবর্তে খানিকটা সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়াছে। যেহেতু আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই, সুতরাং ব্যয়িত অক্সিজেন এবং উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আয়তন সমান। অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইডে উহার সমায়তন অক্সিজেন আছে।



চিত্র ২০-ঝ। সালফার ডাই-অক্সাইডের সংযুতি নির্ণয়

*অতএব, v ঘন সেণ্টিমিটার সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে v ঘন সেণ্টিমিটার* অক্সিজেন আছে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পানুযায়ী মনে কর, প্রতি $v$ ঘন সেণ্টিমিটারে যে কোন গ্যাসের অণু-সংখ্যা, n।

∴ *n-সংখ্যক সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে n-সংখ্যক অক্সিজেন অণু আছে।*

∴ একটি সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি অক্সিজেন অণু অর্থাৎ দুইটি পরমাণু আছে।

অতএব, এই দ্বিযৌগিক পদার্থের সঙ্কেত ধরা যাইতে পারে $S_xO_2$

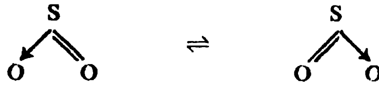
তাহা হইলে, উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $x \times 32 + 2 \times 16$

কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব $= 32$: অর্থাৎ, আণবিক গুরুত্ব $= 64$

$$\therefore\ 32x + 32 = 64$$

সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত হইবে, $SO_2$।

সালফার ডাই-অক্সাইড অণুটির গঠন কৌণিক এবং উহাতেও দুইটি সংস্পন্দিত অবস্থা বর্তমান।



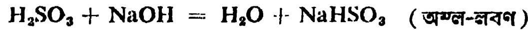
$\angle OSO = 120°$ এবং S—O বন্ধনীর দূরত্ব = 1.46 Å

২০-২৫। **সালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2SO_3$।** সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে জলে দ্রবিত করিলেই সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়। বিশুদ্ধ অবস্থায় এই অ্যাসিড পাওয়া যায় না, যদিও উহার লবণগুলি সবই বিশুদ্ধ অবস্থায় এবং কঠিন স্ফটিকাকারে পাওয়া সম্ভব।

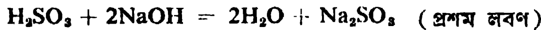


$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

সালফিউরাস অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারী অম্ল, সুতরাং উহার দুই প্রকার লবণ আছে।

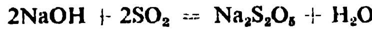


$$H_2SO_3 + NaOH = H_2O + NaHSO_3 \quad \text{(অম্ল-লবণ)}$$



$$H_2SO_3 + 2NaOH = 2H_2O + Na_2SO_3 \quad \text{(প্রশম লবণ)}$$

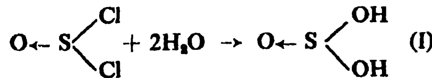
ইহা ছাড়াও উহার মেটাসালফাইট লবণ আছে। সাধারণ উষ্ণতায় কস্টিক সোডার দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ $SO_2$-গ্যাস পরিচালনা করিলে সোডিয়াম মেটাবাইসালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + H_2O$$

সালফিউরাস অ্যাসিডের অন্যান্য ধর্ম বস্তুতঃ সালফার ডাইঅক্সাইডের ধর্ম, উহাদের পুনরুল্লেখ নিষ্প্রয়োজন।

**সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠন।** থায়োনিল ক্লোরাইডের গঠন, $O \leftarrow S\begin{matrix}Cl \\ Cl\end{matrix}$ এবং উহা পিরামিড আকৃতির। এই থায়োনিল ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে সরাসরি সালফিউ-রাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। সুতরাং, উহাতে দুইটি OH-মূলক সালফার পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকিবে।

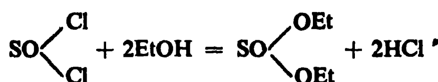


$$O \leftarrow S\begin{matrix}Cl \\ Cl\end{matrix} + 2H_2O \rightarrow O \leftarrow S\begin{matrix}OH \\ OH\end{matrix} \quad (I)$$

এবং রঞ্জন-রশ্মির বিশ্লেষণ দ্বারা $SO_3^{--}$ আয়নেরও পিরামিড-আকৃতি সমর্থিত হইয়াছে। সুতরাং সালফিউরাস অ্যাসিডের উপরোক্ত সুসমঞ্জস (symmetrical) গঠন (I) গ্রহণযোগ্য।

কিন্তু এই অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত অ্যালকিল এস্টার জানা আছে; যেমন, ডাই-ইথাইল সালফাইট, $Et_2SO_3$। এই যৌগটিকে দুইভাবে প্রস্তুত করিতে পারা যায়।

(ক) প্রথমতঃ, থায়োনিল ক্লোরাইডের সঙ্গে ইথাইল কোহলের বিক্রিয়াতে যে ইথাইল সালফাইট $Et_2SO_3$ হয় উহার স্ফুটনাঙ্ক 161°C। এই বিক্রিয়াটি স্পষ্টতঃই,



সুতরাং ইহা সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠন (I) সমর্থন করে।

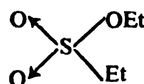
(খ) আবার, সোডিয়াম সালফাইট এবং ইথাইল আয়োডাইড হইতেও ইথাইল সালফাইট পাওয়া যায়;



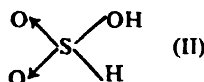
এই ইথাইল এস্টারের স্ফুটনাঙ্ক 213°C।

অর্থাৎ সালফিউরাস অ্যাসিডের একই সংকেতের দুইটি ইথাইল এস্টার হওয়া সম্ভব। এই দ্বিতীয় এস্টারের একটি ইথাইলমূলক আদ্র´-বিশ্লেষণে পৃথক হয় কিন্তু অপরটি হয় না। অর্থাৎ একটি ইথাইল মূলক সালফারের সহিত সংহত।

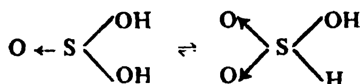
অতএব, ইহার সংকেত অসমঞ্জস,

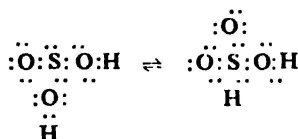


এই হিসাবে, অ্যাসিডের সংকেত হইবে,



সালফিউরাস অ্যাসিডের দুই রকম গঠনের (I এবং II) স্বপক্ষেই যুক্তি আছে। এখন মনে করা হয়, উহা এই দুই রকম গঠনের টটোমার রূপে থাকে।





২০-২৬। সালফার ট্রাই-অক্সাইড, $SO_3$। (ক) সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই বিক্রিয়ার হার অত্যন্ত মন্থর। সেইজন্য প্লাটিনাম-চূর্ণ-জমানো অ্যাস্‌বেসটোস প্রভাবকরূপে ব্যবহার করিয়া এবং অতিরিক্ত অক্সিজেন প্রবাহ দিয়া 440°C-এ উহা তৈয়ারী করা যায়। বস্তুতঃ সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে এই ভাবেই $SO_3$ তৈয়ারী করা হয়।



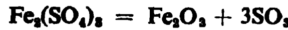
ল্যাবরেটরীতে অবশ্য অন্যান্য উপায় প্রয়োগ করা হয়।

(খ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে ফসফরাস পেন্টোক্সাইড (নিরুদক) সহ পাতিত করিলে সালফার-ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$

(গ) অনার্দ্র ফেরিক সালফেট বা সোডিয়াম পাইরোসালফেট, কিংবা সোডিয়াম বাই-সালফেটকে উত্তপ্ত করিলেও $SO_3$ পাওয়া যায়।



$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$$



$$2NaHSO_4 = Na_2S_2O_7 + H_2O;\ Na_2S_2O_7 = Na_2SO_4 + SO_3$$

**সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম।** সাধারণ উষ্ণতায় ট্রাই-অক্সাইড কঠিন স্ফটিকাকারে থাকে।

সালফার ট্রাই-অক্সাইডের জলের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত বেশী। আর্দ্র-বাতাসে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস ছাড়িয়া দিলে একটি অত্যন্ত ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। বস্তুতঃ, এই ধোঁয়াটি খুব ছোট ছোট সালফিউরিক অ্যাসিডকণার সমষ্টি।



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

সালফার ট্রাই-অক্সাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে:



$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

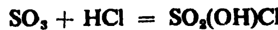
অনেক ক্ষারকীয় অক্সাইডের সঙ্গে উহা যুক্ত হইয়া সালফেট লবণ দেয়,



$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4\ ;\ BaO + SO_3 = BaSO_4$$

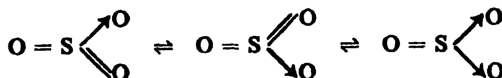
BaO-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার সময় এত তাপ-বিকিরণ হয় যে অক্সাইডটি ভাস্বর হইয়া ওঠে।

HCl-এর সঙ্গে উহা যুক্ত হইয়া ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড উৎপাদন করে।



$$SO_3 + HCl = SO_2(OH)Cl$$

গ্যাসীয় অবস্থায় সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ঘনত্ব হইতে জানা গিয়াছে উহার আণবিক সংকেত, $SO_3$। অণুটির ডাইপোল মোমেন্ট শূন্য, সুতরাং উহার গঠন সুসমঞ্জস হইতে হইবে। রমণ বর্ণালীর সাহায্যে এই অণুটি সমতলীয় সমকোণী ত্রিভুজাকার বলিয়া নির্ণীত হইয়াছে। $\angle OSO = 120°$ এবং S—O দূরত্ব $= 1.43\text{Å}$ (সাধারণ S—O বন্ধনীর দূরত্ব অপেক্ষা কম)। সেই জন্য অণুটি বিভিন্ন সংস্পন্দনের গড় অবস্থায় আছে ধরা হয়:

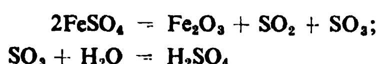


কঠিনাকার সালফার ট্রাই-অক্সাইড কিন্তু একাধিক প্রকারের। সালফার ট্রাই-অক্সাইড বাষ্পকে অনার্দ্র অবস্থায় ঠাণ্ডা করিয়া ঘনীভূত করিলে স্বচ্ছ বর্ণহীন স্ফটিকাকারে $\alpha$-$SO_3$ পাওয়া যায়; উহার গলনাঙ্ক, 16.8°C। এই $\alpha$-$SO_3$কে সামান্য জলীয় বাষ্পের

সংস্পর্শে রাখা হয় তবে উহা $\beta$-$SO_3$-এ পরিণত হয়। $\beta$-$SO_3$ রেশমের মত চকচকে অ্যাসবেস্‌টোসের মত কঠিনাকার, ইহা 50°C-এ উর্ধ্বপাতিত হয় এবং ধীরে ধীরে $\alpha$-$SO_3$-এ পরিণত হইতে থাকে। এই $\beta$-$SO_3$-ও দুই রকমের, একটির গলনাঙ্ক 32°C অপরটির 62°C। ইহাদের সবগুলিরই রাসায়নিক বিক্রিয়া এক রকমের, প্রত্যেকটিতেই একাধিক অণু একত্র সংহত হইয়া বহুলক (polymer) অবস্থায় থাকে।

২০-২৭। **সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2SO_4$।** প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায়, সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না, যদিও অনেক খনিজে সালফেট লবণ থাকে; যথা, $MgSO_4, H_2O$; $CaSO_4, 2H_2O$।

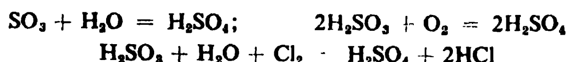
**প্রস্তুতি:** হীরাকস [ ফেরাস সালফেট ] উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাস পাওয়া যায় মধ্যযুগীয় অ্যালকেমীবিদ্‌গণ তাহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতেন। উহাকে তখন 'অয়েল অব্ ভিট্রিয়ল' (oil of vitriol) বলা হইত।



$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3;$$
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

অষ্টাদশ শতাব্দীতে সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড করিয়া উহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার প্রণালী প্রবর্তিত হয়।

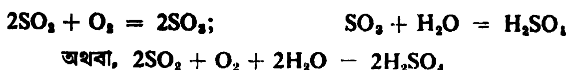
ল্যাবরেটরীতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলেই সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে। অথবা সালফিউরাস অ্যাসিডকে বাতাস, ক্লোরিন, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা যাইতে পারে।



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4; \qquad 2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$
$$H_2SO_3 + H_2O + Cl_2 = H_2SO_4 + 2HCl$$

কিন্তু এই সব পদ্ধতির বিশেষ কোন ব্যবহারিক মূল্য নাই। কারণ সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা এত বেশী এবং বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে উহার প্রয়োজন এত অধিক যে সর্বদা উহা প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়।

**সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্প।** সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত মিলিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যেই প্রস্তুত হয়।



$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3; \qquad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$\text{অথবা, } 2SO_2 + O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4$$

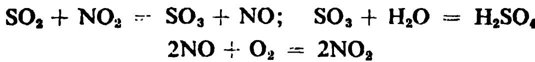
বেশী পরিমাণে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করার দুইটি প্রণালী আছে। (১) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (lead chamber process) (২) স্পর্শ-পদ্ধতি (contact process), এই দুই প্রণালীর প্রকরণ-ব্যবস্থা ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম সম্পূর্ণ ভিন্ন রকমের।

সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ-ক্রিয়াটি সত্বর সম্পন্ন করার জন্য অনুঘটক ব্যবহার করা ছাড়া গত্যন্তর নাই।

**২০-২৮। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি।** এই পদ্ধতিতে সর্বদাই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে, সাধারণ চাপে এবং এমন কি, সাধারণ উষ্ণতাতে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব সহজে সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া থাকে।

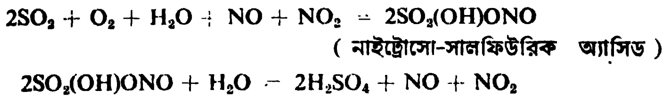
নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বিক্রিয়াটিকে কি ভাবে প্রভাবিত করে সে বিষয়ে বহু রকম মতবাদ আছে।

(১) সাধারণতঃ মনে করা যাইতে পারে যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করে এবং স্বয়ং বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে অক্সিজেনের সহিত নাইট্রিক অক্সাইড যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO; \quad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(২) আবার কেহ কেহ মনে করেন, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং উহা বিজারণে যে নাইট্রিক-অক্সাইড হয়, উভয়েই অনুঘটকের কাজ করে। অনুঘটক প্রথমে বিক্রিয়কের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। উহা জলের সংস্পর্শে আসিলে বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণতি লাভ করে।



$$2SO_2 + O_2 + H_2O + NO + NO_2 = 2SO_2(OH)ONO$$

( নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড )

$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$

আভ্যন্তরিক বিক্রিয়ার স্বরূপ যাহাই হউক, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হওয়ার পর, অনুঘটককে সম্পূর্ণ পরিমাণেই আবার পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায় এবং উহাকে পুনঃ পুনঃ একই কাজে ব্যবহার করা সম্ভব।

**প্রক্রিয়ার বিবরণ:** বিক্রিয়াটি সহজ হইলেও ইহার জন্য বিরাট যান্ত্রিক ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। এই যান্ত্রিক-সরঞ্জামের প্রধানতঃ তিনটি বিভিন্ন অংশ আছে এবং উহাদের প্রয়োজন ও কার্যক্রমও বিভিন্ন।

(১) সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির ব্যবস্থা।

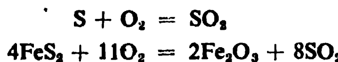
(২) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও অ্যাসিডে পরিণত করার ব্যবস্থা।

[ গ্লভার স্তম্ভ ও সীসক প্রকোষ্ঠ ]

(৩) অনুঘটক বা প্রভাবক পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা। [ গে-লুসাক স্তম্ভ ]

**যন্ত্রের প্রকোষ্ঠগুলি এবং অধিকাংশ নল ইত্যাদি সীসার তৈয়ারী, কারণ সীসা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না। সীসার প্রকোষ্ঠে ইহা প্রস্তুত হয় বলিয়া 'প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি' নামটির প্রচলন হইয়াছে।**

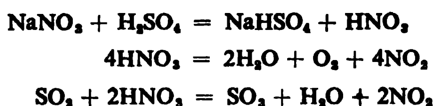
**সালফার ডাই-অক্সাইড:** আয়রণ-পাইরাইটিস্ খনিজ অথবা সালফার বাতাসে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়:



$$S + O_2 = SO_2$$
$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

**নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড:** সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তাপিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উত্তাপে এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙিয়া যায় এবং

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। অবশ্য, সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হওয়ার ফলেও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



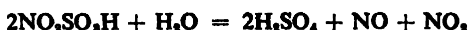
$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$
$$4HNO_3 = 2H_2O + O_2 + 4NO_2$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = SO_3 + H_2O + 2NO_2$$

বর্তমানে কোন কোন প্রতিষ্ঠানে অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া যে নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাই ব্যবহৃত হয়।

**সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ:** চুল্লীতে সালফার পোড়ান হয়। উত্তপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অতিরিক্ত বায়ু চুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসিলে উহার সহিত নাই-ট্রোজেন পার-অক্সাইড মিশ্রিত করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের মিশ্রণটি অতঃপর একটি ছোট খালি স্তম্ভের ভিতর দিয়া আঁকা-বাঁকা পথে প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে গ্যাসে যদি কোন ধূলিকণা থাকে তাহা থিতাইয়া যায় এবং গ্যাসটি বিশুদ্ধতর হয় এবং উহার উষ্ণতাও কিছুটা হ্রাস পায়। ইহার পর গ্যাসটি একটি নলের ভিতর দিয়া একটি উঁচু স্তম্ভের নীচের দিকে প্রবেশ করে। ইহাকেই 'গ্লভার স্তম্ভ' (Glover's tower) বলে।

**"গ্লভার স্তম্ভ":** ইহা সীসার পাত দ্বারা তৈয়ারী এবং উহার দেওয়ালের ভিতরের দিকটা অম্লসহ ইট দ্বারা আবৃত। স্তম্ভটির ভিতরের অধিকাংশই ফ্লিন্ট কাচ বা কোয়ার্জের টুকরাতে ভরিয়া রাখা হয়। গ্যাস-মিশ্রণটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাঙ্ক থাকে। একটি ট্যাঙ্ক হইতে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (65%) আস্তে আস্তে এই স্তম্ভের ভিতর দিয়া পড়িতে থাকে। (এই অ্যাসিড স্তম্ভটির পরবর্তী প্রকোষ্ঠেই উৎপন্ন হয়।) অপর ট্যাঙ্কটি হইতে অনুরূপ-ভাবেই নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড ($NO_2HSO_3$) স্তম্ভের ভিতর দিয়া পড়িতে দেওয়া হয়। (এই অ্যাসিডটিও এই প্রণালীরই শেষের দিকে গে-লুসাক স্তম্ভ হইতে পাওয়া যায়)। স্তম্ভের ভিতর নিম্নগামী শীতল অ্যাসিড দুইটি ঊর্ধ্বগামী উষ্ণতর গ্যাস-মিশ্রণের সংস্পর্শে আসিতে বাধ্য হয়। কাচ বা স্ফটিকের টুকরাগুলি উহাদের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের সুবিধা করে মাত্র। ইহাতে কয়েকটি পরিবর্তন সাধিত হয়।

(১) নাইট্রোসিল সালফিউরিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অনুঘটক থাকে। উষ্ণতর গ্যাসের উত্তাপে উহা নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড অনুঘটক পুনরুৎপাদন করিয়া থাকে। সঙ্গে সঙ্গে উহা নিজে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



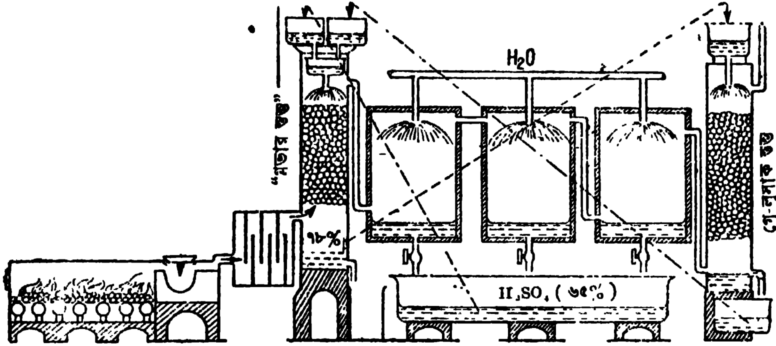
$$2NO_2SO_3H + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$

(২) অপেক্ষাকৃত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (65%) উষ্ণতর গ্যাসের সংস্পর্শে তাপিত হওয়ায় উহার জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং স্তম্ভের নীচে সীসার ট্যাঙ্কে গাঢ়তর সালফিউরিক অ্যাসিডে সঞ্চিত হয়। ইহা 78% অ্যাসিড, ঘনত্ব 1.72।

(৩) প্রভাবকের সাহায্যে খানিকটা $SO_2$ গ্যাস এই স্তম্ভের ভিতরেই জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

গ্যাস-মিশ্রণটি অতঃপর 30~35°C উষ্ণতায় বড় বড় কয়েকটি সীসার তৈয়ারী প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

**সীসক-প্রকোষ্ঠ :** সীসার পাত গলাইয়া জোড়া দিয়া চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠগুলি তৈয়ারী করা হয়। তিন-চারিটি প্রকোষ্ঠের সম্পূর্ণ ঘনায়তন প্রায় 75000 ঘন ফুট হইবে।



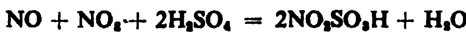

চিত্র ২০-ঞ। প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতি

উপর হইতে ঝরণার মত শীতল জলের ধারা প্রকোষ্ঠের ভিতর সর্বদা দেওয়া হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলির ভিতরে বাকী সমস্ত $SO_2$ গ্যাস জারিত হয় এবং পরে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। প্রকোষ্ঠগুলির নীচে এই অ্যাসিড জমা হয় এবং প্রয়োজন অনুসারে বাহির করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে শতকরা 65 ভাগ অ্যাসিড থাকে (ঘনত্ব 1.55)।

প্রকৃতপক্ষে এই সকল প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন সমস্তটুকু অ্যাসিডই গ্লভার স্তম্ভের উপর হইতে উহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয়, যাহাতে অ্যাসিডটি গাঢ়তর হইয়া 78% হয়

শেষ প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহাতে স্বল্প পরিমাণ অপরিবর্তিত $SO_2$ গ্যাস, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন অক্সাইড প্রভাবক ইত্যাদি থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণটিকে অতঃপর আর একটি স্তম্ভের ভিতরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। ইহার নাম 'গে-লুসাক' স্তম্ভ।

**'গে-লুসাক স্তম্ভ' :** এই গোলাকার স্তম্ভটিও সীসার তৈয়ারী। স্তম্ভটি কোক ও অম্লসহ ইষ্টকে ভরিয়া রাখা হয়। স্তম্ভের উপরে একটি ট্যাঙ্কে গ্লভার স্তম্ভ হইতে যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (78%) পাওয়া যায় তাহার কিয়দংশ রাখা হয়। এই অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত করা হয়। ঊর্ধ্বগামী গ্যাসের সংস্পর্শে আসিয়া এই গাঢ় অ্যাসিড নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ শোষণ করিয়া লয় এবং নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড বা নাইট্রো-সালফনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$NO + NO_2 + 2H_2SO_4 = 2NO_2SO_3H + H_2O$$

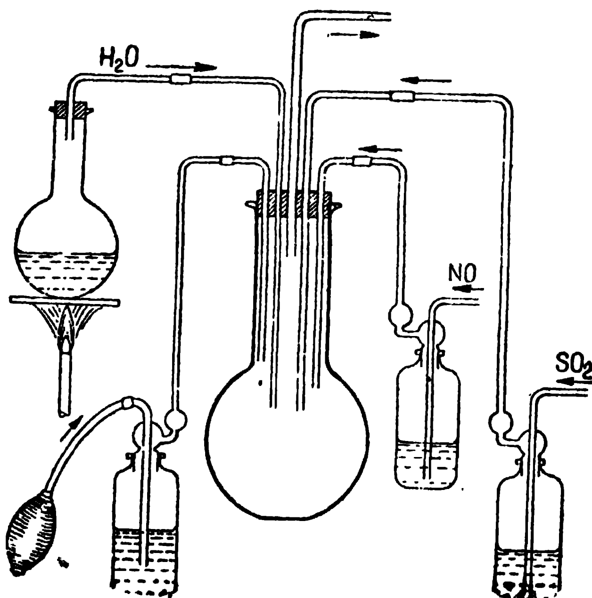
অন্যান্য গ্যাস স্তম্ভের বাহিরে গিয়া বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া যায়। স্তম্ভের নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড সঞ্চিত হয় এবং পাম্পের সাহায্যে উহাকে গ্লভার স্তম্ভের উপরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়।

অতএব অনুঘটক অপচয় বন্ধ করার জন্যই গে-লুসাক স্তম্ভটি বিশেষ মূল্যবান। বস্তুতঃ গে-লুসাক ও গ্লভার স্তম্ভ দুইটির উপযুক্ত ব্যবহারের উপরই এই শিল্পের সাফল্য নির্ভর করে।

এই প্রণালীতে প্রস্তুত সমস্ত অ্যাসিড শেষ পর্যন্ত গ্লভার স্তম্ভের নীচেই জমা হয়। এখান হইতে অ্যাসিড বিভিন্ন প্রয়োজনে চালান দেওয়া হয়, অল্প একটু অংশ কেবল গে-লুসাক স্তম্ভের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

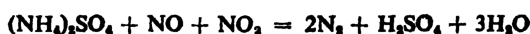
**সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণ:** প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার সর্বাধিক গাঢ়ত্ব শতকরা 78 ভাগ। সুপার-ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে এই অ্যাসিডই উপযুক্ত। কিন্তু অন্যান্য রাসায়নিক শিল্পে অধিক-তর গাঢ় অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত অনুদ্বায়ী, সুতরাং গ্যাস-চুল্লীতে তাপিত করিয়া উহার জল উড়াইয়া দিয়া অ্যাসিডকে 90% গাঢ় করা হয়।

প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যাসিডে অবশ্য নানা অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে, যদিও উহাদের পরিমাণ বেশী নয়। ইহাদের মধ্যে লেড সালফেট, আর্সেনিক অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডই বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বিশুদ্ধ অ্যাসিড পাইতে হইলে




চিত্র ২০-ট। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

উহাকে প্রথমে জল মিশাইয়া লঘু করা হয়। তাহাতে প্রায় সবটুকু লেড সালফেট অধঃ-ক্ষিপ্ত হইয়া যায়। তৎপর উহাতে $H_2S$ গ্যাস পরিচালিত করিয়া আর্সেনিক ও অবশিষ্ট লেড হইতে উহাকে মুক্ত করা হয়। $As_2S_3$ এবং PbS অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে। তৎপর অ্যামোনিয়াম সালফেটের সহিত অ্যাসিডটিকে কাচের পাত্রে বা সিলিকার পাত্রে পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ অ্যাসিড সংগ্রহ করা হয়:

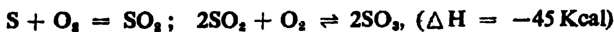


$$(NH_4)_2SO_4 + NO + NO_2 = 2N_2 + H_2SO_4 + 3H_2O$$

প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির প্রক্রিয়াটি সহজেই সাধারণ ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষা করিয়া দেখান যাইতে পারে। একটি বেশ বড় শক্ত কাচের কূপীর মুখটি কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া তাহাতে পাঁচটি নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। চারিটি নলের সাহায্যে কূপীর ভিতরে নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেন সালফার ডাই-অক্সাইড ও স্টীম প্রবেশ করান সম্ভব। প্রথমোক্ত তিনটি গ্যাস গ্যাস-ধাবকের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া ধৌত করিয়া পাঠান হয় যাহাতে উহাদের সহিত জলীয় বাষ্প না থাকে (চিত্র ২০-ট)। প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন ভিতরে দেওয়া হয়। উহারা মিলিত হইয়া লাল নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সৃষ্টি করে। ইহার পরে সালফার ডাই-অক্সাইড পাঠান হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে জলের ভিতর দিয়া অক্সিজেন বুদ্বুদিত করিয়া কিছু জলীয় বাষ্পসহ ভিতরে দেওয়া হয়। ইহার ফলে ক্রমশঃ ভিতরের নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের লাল রংটি ফিকা হইয়া যায় এবং কূপীর গায়ে বর্ণহীন নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিডের স্ফটিক জমিতে দেখা যায়। এই সময় বেশী অক্সিজেন প্রবাহ দিয়া ভিতরে গ্যাস বিতাড়িত করিয়া দেওয়া হয় এবং জল ফুটাইয়া অতিরিক্ত পরিমাণ স্টীম ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড স্টীমের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কূপীর নীচে সঞ্চিত হয় এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড পুনরায় উৎপন্ন হয়। ইহাতেই প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির বিক্রিয়াটি বেশ বুঝা যায়।

২০-৩০। **স্পর্শ-পদ্ধতি।** এই প্রণালীতেও সালফার ডাই-অক্সাইডকে বাতাস দ্বারা জারিত করিয়া প্রথমে উহাকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং পরে জলের সঙ্গে সংযুক্ত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়। সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণের জন্য এক্ষেত্রে কঠিন অনুঘটক প্রয়োগ করা হয়। সচরাচর অ্যাসবেস্টোসের উপর অথবা সিলিকা জেলের উপর জমানো সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-চূর্ণ অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়। কোন কোন সময় ধাতব অক্সাইডও, যেমন, ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড, ব্যবহৃত হয়। অনুঘটক কঠিন, তাই স্বল্পায়তন স্থান প্রয়োজন, বড় বড় প্রকোষ্ঠের প্রয়োজন নাই। এই পদ্ধতির অনুঘটক বিশেষ মূল্যবান, সুতরাং উহার কোন ক্ষতি না হয় তাহাই সর্বাধিক বিবেচ্য। এইজন্য বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহকে বিশেষভাবে বিশুদ্ধ করিয়া লইতে হয়।

উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করানো হয়; ইহাতে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_7$) পাওয়া যায়। পরে উহাতে ধীরে ধীরে জল মিশাইলে প্রায় 100% $H_2SO_4$ পাওয়া যায়। বিক্রিয়াগুলি নিম্নরূপ:



$$S + O_2 = SO_2;\quad 2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3,\ (\Delta H = -45\ \text{Kcal})$$



$$SO_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_7;\quad H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

বস্তুতঃ সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণই এই উৎপাদন পদ্ধতির মুখ্য প্রক্রিয়া। সার্থক উৎপাদনের জন্য এই বিক্রিয়ার জন্য কতকগুলি ব্যবস্থা গ্রহণ করা একান্ত আবশ্যক।

**প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা:** (১) পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে কঠিনাকার অনুঘটক ব্যবহার করিতে হইবে। নচেৎ বিক্রিয়ার গতি অত্যন্ত কম হইবে। এই অনুঘটক যত বেশী বিচূর্ণ অবস্থায় থাকিবে, উহার প্রভাবন-ক্ষমতা তত বেশী হইবে।

(২) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, এই বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক (K),

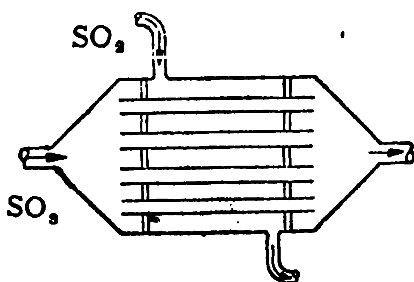
$$K = \frac{C^2_{SO_3}}{C^2_{SO_2} \times C_{O_2}}$$

যেহেতু K-এর মান নির্দিষ্ট, অতএব অক্সিজেনের মাত্রা অধিক করিলে, অধিকতর $SO_3$ পাওয়া যাইবে। এই জন্য বিক্রিয়ক গ্যাস-মিশ্রণে বাতাসের অনুপাত যথেষ্ট থাকা দরকার।

(৩) এই বিক্রিয়াতে গ্যাসের আয়তন-হ্রাস ঘটে, লাঁ-শাটেলিয়রের নীতি অনুযায়ী, এইরূপ বিক্রিয়াতে চাপ যত বেশী রাখা হইবে বিক্রিয়াজাত পদার্থও তত বেশী পাওয়ার সম্ভাবনা। সুতরাং চাপবৃদ্ধির সঙ্গে বেশী $SO_3$ পাওয়া যাইবে। তবও এই পদ্ধতিতে উচ্চ-চাপ রাখা হয় না। কারণ, উপযুক্ত উষ্ণতায় এবং অনুঘটকের আনুকূল্যে এমনিই যথেষ্ট $SO_3$ উৎপাদিত হয়। বিক্রিয়াটি সাধারণতঃ 1.5 অ্যাটমসফিয়ার চাপেই সম্পন্ন করা হয়।

(৪) যেহেতু জারণ-ক্রিয়াটি তাপ-উদ্গায়ী এবং তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়া উষ্ণতা যত কম হয় তত বেশী পরিমাণে সম্পাদিত হয়। এই রীতি অনুসারে কম উষ্ণতায় বেশী $SO_3$ পাওয়ার সম্ভাবনা। কিন্তু পরিমাণে বেশী হইলেও কম উষ্ণতায় পরিবর্তনটি সম্পন্ন হইতে অতি দীর্ঘ সময় প্রয়োজন। সুতরাং উহার গুরুত্ব কমিয়া যায়। উষ্ণতা বাড়াইলে পরিমাণে কম হইলেও বিক্রিয়া অতি দ্রুত সম্পন্ন হয়। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, প্লাটিনাম চূর্ণের তাপমাত্রা 440°C রাখিলে আশানুরূপ দ্রুত প্রায় 98% $SO_3$ পাওয়া যায়। এই জন্য, এই বিক্রিয়াকালে অনুঘটক এবং বিক্রিয়ক গ্যাস-মিশ্রণকে 400 ~ 500°C-এই অনুকূলতম উষ্ণতায় (optimum temperature) রাখা হয়।

**প্রক্রিয়ার বিবরণ ঃ** অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে সালফার পোড়াইয়া বিশুদ্ধতর সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। চুল্লী হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহাতে মোটামুটি 7% $SO_2$, 10% $O_2$ এবং 83% $N_2$ থাকে। এইগ্যাসটিকে প্রথমেই একটি ধূলিরোধক স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। তারপর গ্যাসটিকে যথাসম্ভব শীতল করা হয় এবং অপদ্রব্য-সমূহ দূর করার জন্য গ্যাসটি ধৌত করা হয়।



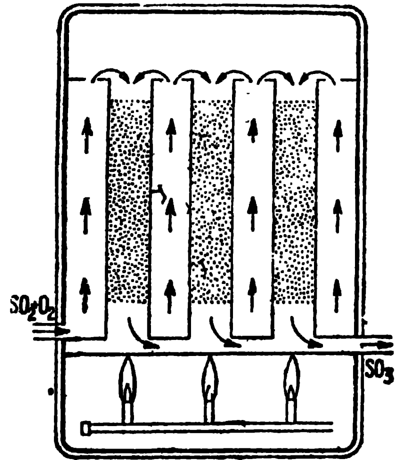

চিত্র ২০-ঠ। তাপ-বিনিময়কারী প্রকোষ্ঠ

এইজন্য গ্যাসটিকে পরপর কয়েকটি কোয়ার্জ-পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। প্রথম স্তম্ভ কয়টির উপর হইতে জলের ধারা নামাইয়া দেওয়া হয় এবং পরবর্তী স্তম্ভের উপর হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারা দেওয়া হয়। গ্যাসটি প্রত্যেক স্তম্ভের নীচে প্রবেশ করে এবং বিপরীতগামী জল বা অ্যাসিড দ্বারা ধৌত হইয়া থাকে। ইহার ফলে গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবাঞ্ছিত পদার্থগুলি দূর হয় এবং সালফিউরিক

অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক হইয়া বিশুদ্ধ গ্যাসটি শেষ স্তম্ভ হইতে বাহির হইয়া আসে। এই সময় ইহার উষ্ণতা খুব কমিয়া যায়। কিন্তু প্রভাবকের সংস্পর্শে জারণ-ক্রিয়ার জন্য 440°C উষ্ণতা দরকার। অতএব এই গ্যাসটিকে আবার তাপিত করা প্রয়োজন। সেইজন্য বাহির হইতে তাপ দেওয়া দরকার হয় না। বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপেই ইহাকে উষ্ণতর করা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড-স্তম্ভ হইতে বাহির হইয়া ইহা একটি তাপবিনিময়কারী প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। প্রকোষ্ঠের সরু নলগুলির ভিতর দিয়া উত্তপ্ত $SO_3$ গ্যাস যাইতে থাকে এবং উহার সাহায্যে নলের বাহিরে প্রবাহিত এই বিশুদ্ধ $SO_2$ গ্যাস-মিশ্রণ তাপিত হইতে থাকে (চিত্র ২০-ঠ)। এই তাপিত বিশুদ্ধ $SO_2$ এবং বাতাসের মিশ্রণটি অতঃপর বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ লাভ করে।

লোহার তৈয়ারী বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে কয়েকটি খাঁড়া নলের ভিতরে সূক্ষ্ম চূর্ণাবস্থায় অনুঘটক রাখা হয়। প্রকোষ্ঠটি অনুঘটক সহ প্রথমে দীপ-সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়, কিন্তু একবার বিক্রিয়া শুরু হইলে বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপেই অনুঘটক উত্তপ্ত থাকে। আর তাপ দেওয়া প্রয়োজন হয় না (চিত্র ২০-ড)।



চিত্র ২০-ড। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ

বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠের নীচের দিকে $SO_2$ এবং বাতাসের মিশ্রণটি প্রবেশ করে। উহার উত্তাপ তখন প্রায় 400°C-এর কাছাকাছি থাকে।

প্রভাবকের সংস্পর্শে $SO_2$ জারিত হইয়া $SO_3$ হয় এবং প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। অপেক্ষা-কৃত কম উষ্ণ বিক্রিয়ক গ্যাস এই তাপ শোষণ করিয়া লয়, তাই প্রভাবকের উষ্ণতা বাড়িতে পারে না। তাহা না হইলে তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়ার ফলে প্লাটিনামের উষ্ণতা খুবই বৃদ্ধি পাইত এবং উহাতে $SO_3$-এর পরিমাণ হ্রাস পাইত। এইভাবে 98% $SO_2$ জারিত হয়। উৎপন্ন উষ্ণ $SO_3$ গ্যাস ও বাতাস অতঃপর তাপ-বিনিময়কারী প্রকোষ্ঠের নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করে (চিত্র ২০-ঢ)। ফলে ইহার উষ্ণতা অনেকটা কমিয়া যায়।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড অন্যান্য গ্যাসসহ অতঃপর স্ফটিক-খণ্ড-পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। স্তম্ভগুলির উপর হইতে 98% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে $SO_3$ দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে ($H_2S_2O_7$) পরিণত করে। নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই অ্যাসিড সঞ্চিত হয় এবং ইহাতে ধীরে ধীরে প্রয়োজনানুরূপ জল মিশান হইতে থাকে যাহাতে অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব সর্বদা শতকরা 98 ভাগ থাকে। সোজাসুজি

চিত্র ২০-ঢ। স্পর্শ-পদ্ধতিতে প্রস্তুতি

জলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে শোষণ করা কষ্টসাধ্য বলিয়াই উক্ত উপায় অবলম্বন করা হয়।



$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

আজকাল প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির পরিবর্তে স্পর্শ-পদ্ধতির প্রচলন দ্রুত প্রসারলাভ করিতেছে। ইহার কয়েকটি কারণ আছে।

(১) প্রাথমিক ব্যয় অধিক হইলেও, উৎপন্ন স্পর্শ-পদ্ধতির অ্যাসিড (98 ~ 100%) প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির অ্যাসিড (65%) অপেক্ষা গাঢ়তর। এবং অনেক শিল্পে, যেমন, বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে, পেট্রোলিয়াম শোধনে গাঢ় অ্যাসিড প্রয়োজন।

(২) স্পর্শ-পদ্ধতির অ্যাসিড গাঢ় করার পৃথক ব্যয় ও হাঙ্গামা নাই। প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির অ্যাসিডকে পুনরায় বিশেষ ব্যবস্থায় গাঢ় করিতে হয়।

(৩) স্পর্শ-পদ্ধতির অ্যাসিড প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির অ্যাসিড অপেক্ষা অনেক বিশুদ্ধতর।

(৪) স্পর্শ-পদ্ধতির অনুঘটকের অপচয় খুবই সামান্য, কিন্তু প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে খানিকটা নাইট্রোজেন অক্সাইড নষ্ট হয়ই।

(৫) স্পর্শ-পদ্ধতির যান্ত্রিক-সরঞ্জাম পরিচালনা করা প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির পরিচালনা অপেক্ষা সহজতর।

অবশ্য, স্পর্শ-পদ্ধতির দুইটি প্রধান অসুবিধা আছে।

(ক) প্রাথমিক অনুঘটকের ব্যয় অধিক (খ) বিক্রিয়ক-গ্যাস মিশ্রণকে খুব সতর্কতার সঙ্গে বিশুদ্ধ করিয়া লইতে হয়। নচেৎ অনুঘটক নষ্ট হইয়া যায়।

**সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার।** ল্যাবরেটরী ছাড়াও বহু রকম রাসায়নিক শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে, সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা হইতেই দেশের শিল্পোন্নতির পরিচয় পাওয়া সম্ভব। মাত্র কয়েকটি রাসায়নিক শিল্পের নাম এখানে করা যাইতে পারে: (১) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড (২) বহু রকমের বিস্ফোরক (৩) সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি (৪) নানারকমের রঞ্জক (৫) পেট্রোলিয়ামের শোধন।

**২০-৩১। সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম।** (১) সচরাচর আমরা যে অত্যন্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দেখিতে পাই, উহাতে শতকরা দুই ভাগ জল থাকে। বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড পাইতে হইলে এই অ্যাসিডে সালফার ট্রাই-অক্সাইড শোষণ করাইয়া ঠাণ্ডাতে জমাইয়া লইতে হয়। তখন বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড কেলাসিত হইয়া থাকে। উহার গলনাঙ্ক $10.50°C$। সাধারণ অবস্থায় বিশুদ্ধ অ্যাসিড তেলের মত, কিন্তু খুব ভারী, বর্ণহীন তরল পদার্থ। উহার ঘনত্ব 1.848 [ 15° সেন্টি]। শতকরা 98.3 ভাগ অ্যাসিড ও 1.7 ভাগ জল, এইরূপ মিশ্রণটিকেই 'গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড' বলা হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক $338°C$ এবং ইহাকে পাতিত করিলেও উহাদের অনুপাতের কোন পরিবর্তন হয় না।

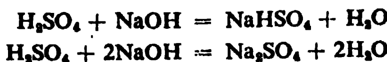
লোহিত-তপ্ত সিলিকা-নলের ভিতর দিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড বাষ্পাবস্থায় পরিচালিত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

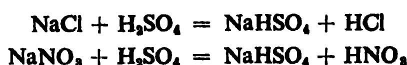
সালফার ডাই-অক্সাইড যে সালফার-যৌগ তাহার প্রমাণ ইতিপূর্বে বর্ণিত হইয়াছে। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে যে সালফার আছে, তাহা এইভাবে প্রমাণিত হয়।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বিক্ষারী অম্ল।



$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

(৩) ক্লোরাইড, নাইট্রেট প্রভৃতি অন্যান্য উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ঐ সকল অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

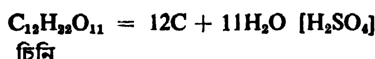
(৪) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি আসক্তি খুব বেশী। কম উষ্ণতায় উহা জলের সহিত বিভিন্ন সোদক স্ফটিকের সৃষ্টি করে:



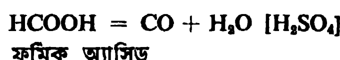
$$H_2SO_4, H_2O; \quad H_2SO_4, 2H_2O; \quad H_2SO_4, 4H_2O$$

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। এই জন্যই শোষকাধারে উহা ব্যবহৃত হয়। অনেক গ্যাসও শুষ্ক করার জন্য উহার ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়।

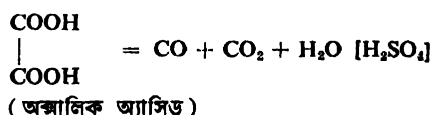
শুধু ইহাই নয়, অনেক জৈব-পদার্থের অণু হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জল শোষণ করিয়া লইয়া উহাকে বিয়োজিত করিয়া দেয়। চিনি, স্টার্চ প্রভৃতি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দিলে কার্বনে পরিণত হইয়া যায়। ফর্মিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড এবং অক্সালিক অ্যাসিড হইতে CO এবং $CO_2$ পাওয়া যায়:



$$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} = 12C + 11H_2O \; [H_2SO_4]$$



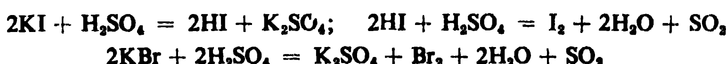
$$\underset{\text{ফর্মিক অ্যাসিড}}{HCOOH} = CO + H_2O \; [H_2SO_4]$$



$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} = CO + CO_2 + H_2O \; [H_2SO_4]$$

(অক্সালিক অ্যাসিড)

(৫) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্ষমতাও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যথাক্রমে আয়োডিন ও ব্রোমিন উৎপন্ন করে।



$$2KI + H_2SO_4 = 2HI + K_2SO_4; \quad 2HI + H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + SO_2$$
$$2KBr + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

কার্বন, সালফার প্রভৃতি অধাতব মৌল এবং কপার, সিলভার, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতব মৌলকেও যদি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটান হয় তাহা হইলে উহারা জারিত হইয়া থাকে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু সালফিউরিক অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় না।

(৬) সালফিউরিক অ্যাসিড অত্যন্ত লঘু দ্রবণে নিম্নলিখিত রূপে বিয়োজিত হয়।



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$$

কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তাড়িত-বিয়োজন অন্যরূপ।



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

উহার তাড়িত বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_8$) পাওয়া যায়।

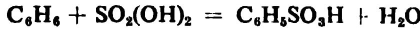


ক্যাথোড: $H^+ + e = H; H + H = H_2$



অ্যানোডে: $HSO_4^- - e = HSO_4; 2HSO_4 = H_2S_2O_8$

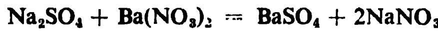
(৭) অনেক সময় জৈব-যৌগে সালফনেট-মূলক ($SO_3H$) ঢুকাইতে গাঢ় $H_2SO_4$ ব্যবহার করা হয়;



$$C_6H_6 + SO_2(OH)_2 = C_6H_5SO_3H + H_2O$$

বেনজিন সালফনিক অ্যাসিড

**সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেটের পরীক্ষা।** কোন সালফেট বা সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সহিত বেরিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ মিশ্রিত করিলে সাদা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হইবেই। এই বেরিয়াম সালফেট গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

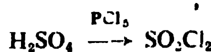


$$Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 + 2NaNO_3$$

যদি কোন সালফেট জলে অদ্রব হয়, তাহা হইলে উহাকে প্রথমে কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া লইতে হইবে। পরে উহার জলীয় দ্রবণ ছাঁকিয়া লইয়া অম্লীকৃত করিয়া বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষা করিতে হইবে।

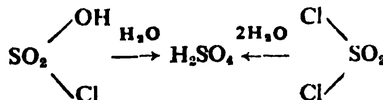
**২০-৩২। সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠন।** (১) সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত, $H_2SO_4$। উহা দ্বিক্ষারী অম্ল; উহাতে দুইটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে এবং উহার অম্ল এবং প্রশম দুই রকম লবণ জানা আছে। অতএব, উহার অণুতে দুইটি (OH)-মূলক থাকিবে।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড ফসফরাস-পেন্টাক্লোরাইডের দ্বারা সালফিউরিল ক্লোরাইডে পরিণত হয়।



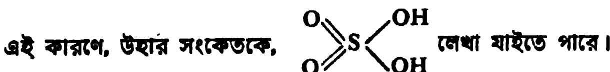
$$H_2SO_4 \xrightarrow{PCl_5} SO_2Cl_2$$

ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড এবং সালফিউরিল ক্লোরাইড উভয়েই আর্দ্র-বিশ্লেষণে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

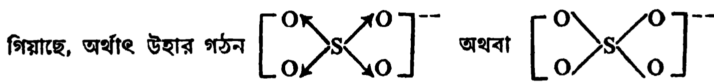



সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত হইবে, $SO_2(OH)_2$।

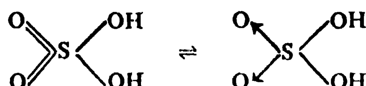
(৩) সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন পার-অক্সাইড ধর্ম দেখা যায় না, অতএব উহাতে পার-অক্সাইডমূলক, —O—O—, নাই।



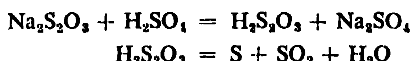
(৪) রঞ্জন-রশ্মির পরীক্ষাতে সালফেট আয়নটিকে সুষম টেট্রাহেড্রাল বলিয়া দেখা গিয়াছে, অর্থাৎ উহার গঠন



এই আয়নে S—O বন্ধনীর মান দেখা যায় 1.51 Å। কিন্তু বাস্তবে 'S—O' বন্ধনীর দূরত্ব হওয়া উচিত 1.70 Å এবং 'S = O' বন্ধনীর 1.49 Å। অতএব, বিভিন্ন বন্ধনীগুলির ভিতর সংস্পন্দন আছে বলিয়া মনে করা হয়। এই সকল যুক্তির উপর নির্ভর করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠনটি নিম্নোক্ত সংরচনার গড় মনে করা হয়।



**২০-৩৩। থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_3$।** থায়োসালফেট লবণকে আম্লিক করিলেই থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কিন্তু উহা সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফার দেয়।



$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_3 + Na_2SO_4$$
$$H_2S_2O_3 = S + SO_2 + H_2O$$

কিন্তু স্থায়ী কঠিনাকার অনেক থায়োসালফেট লবণ আছে, উহাদের মধ্যে ক্ষার-ধাতুর লবণই প্রধান। সোডিয়াম থায়োসালফেট লবণটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

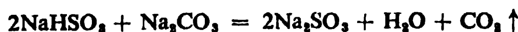
**সোডিয়াম থায়োসালফেট, ($Na_2S_2O_3,5H_2O$)।** শিল্পে ইহাকে **'হাইপো'** নামেও অভিহিত করা হয়। ইহা একটি অতি প্রয়োজনীয় থায়োলবণ। ইহার পণ্যোৎপাদনে বিভিন্ন উপায় অবলম্বিত হয়। উহার দুই-একটি এখানে উল্লেখ করা হইল।

(১) **সোডিয়াম কার্বনেট হইতে।** এই পদ্ধতিতে প্রথমে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণকে সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা সংপৃক্ত করিয়া সোডিয়াম বাইসালফাইটের দ্রবণ প্রস্তুত হয়।



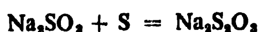
$$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 = 2NaHSO_3 + CO_2 \uparrow$$

পরে এই বাইসালফাইটের দ্রবণকে তুল্য-পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করানো হয় এবং সোডিয়াম সালফাইট উৎপন্ন হয়।



$$2NaHSO_3 + Na_2CO_3 = 2Na_2SO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

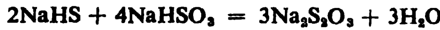
অতঃপর সোডিয়াম সালফাইটের দ্রবণকে উত্তমরূপে বিচূর্ণ সালফারের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। দু'ঘণ্টার মধ্যেই এই বিক্রিয়াটি শেষ হইয়া সোডিয়াম সালফাইট উহার থায়োসালফেটে পরিবর্তিত হইয়া যায়।



$$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3$$

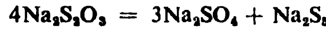
এখন এই দ্রবণটিকে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে সোদক সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3,5H_2O$) কেলাসিত হয়।

(২) বিশুদ্ধ সোডিয়াম থায়োসালফেট প্রস্তুতির উৎকৃষ্ট উপায় হইল সোডিয়াম হাইড্রোজেন-সালফাইড ও সোডিয়াম বাইসালফাইটের মিশ্রিত দ্রবণকে কেলাসিত হইতে দেওয়া।



$$2NaHS + 4NaHSO_3 = 3Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

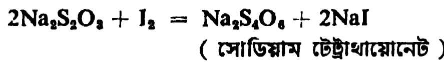
**ধর্ম ও ব্যবহার।** সোডিয়াম থায়োসালফেটের স্ফটিক বর্ণহীন (গলনাঙ্ক, 48°C)। উত্তাপে 215°C-এ উহা অনার্দ্র হইয়া পড়ে এবং 223°C-উষ্ণতায় উহা বিয়োজিত হইতে থাকে।



$$4Na_2S_2O_3 = 3Na_2SO_4 + Na_2S_5$$

সোডিয়াম থায়োসালফেটের প্রধান ব্যবহার হইল ফটোগ্রাফীতে। ইহাছাড়া আয়োডিনের পরিমাণ নির্ণয়ে ও 'অ্যান্টিক্লোর' হিসাবে ইহার ব্যবহার দেখা যায়। ঔষধ হিসাবেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

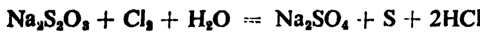
**থায়োসালফেটের বিক্রিয়াসমূহ।** (১) থায়োসালফেট লবণসমূহ বিজারক দ্রব্যের ন্যায় ব্যবহার করে। যেমন, ইহা বেগুনী রং-এর আয়োডিনের দ্রবণকে বর্ণহীন আয়োডাইডে পরিবর্তিত করে।



$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

(সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট)

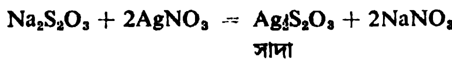
কিন্তু ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সহিত উহার বিক্রিয়া ভিন্ন রকমের। উহাদের জলীয় দ্রবণ থায়োসালফেটকে জারিত করিয়া সালফেট দেয়। যেমন,



$$Na_2S_2O_3 + Cl_2 + H_2O = Na_2SO_4 + S + 2HCl$$

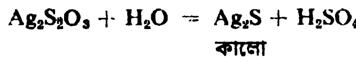
এইজন্য সোডিয়াম থায়োসালফেট অ্যান্টিক্লোররূপে ব্যবহৃত হয়।

(২) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ সোডিয়াম থায়োসালফেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে সিলভার থায়োসালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ দেয়। উহা শীঘ্রই কালো সিলভার সালফাইডে পরিবর্তিত হইয়া যায়।



$$Na_2S_2O_3 + 2AgNO_3 = Ag_2S_2O_3 + 2NaNO_3$$

সাদা



$$Ag_2S_2O_3 + H_2O = Ag_2S + H_2SO_4$$

কালো

তবে সোডিয়াম থায়োসালফেট অতিরিক্ত পরিমাণে ব্যবহার করিলে একটি দ্রবণীয় জটিল যৌগ গঠিত হয়।



$$2Na_2S_2O_3 + AgNO_3 = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaNO_3$$

সিলভার হ্যালাইডের সহিতও অনুরূপ জটিল যৌগ পাওয়া যায়।



$$2Na_2S_2O_3 + AgCl = Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + NaCl$$

(৩) ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ অধিক থায়োসালফেট-এর সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত হয়। বিক্রিয়াটি দুই ধাপে নিষ্পন্ন হয়।



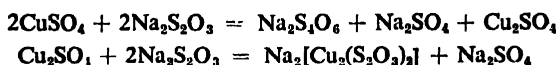
$$2Na_2S_2O_3 + FeCl_3 = Na[Fe(S_2O_3)_2] + 3NaCl$$

(সোডিয়াম ফেরি-থায়োসালফেট)



$$Na[Fe(S_2O_3)_2] + FeCl_3 + NaCl = Na_2S_4O_6 + 2FeCl_2$$

(৪) কপার সালফেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় থায়োসালফেট উহাকে কিউপ্রাস সালফেটে পরিবর্তিত করে; পরে এই কিউপ্রাস সালফেট আরও থায়োসালফেটের সঙ্গে বর্ণহীন সোডিয়াম কিউপ্রো-থায়োসালফেট নামক জটিল-যৌগ গঠন করিয়া থাকে।



$$2CuSO_4 + 2Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + Na_2SO_4 + Cu_2SO_4$$
$$Cu_2SO_4 + 2Na_2S_2O_3 = Na_2[Cu_2(S_2O_3)_2] + Na_2SO_4$$

(৫) অ্যালুমিনিয়াম লবণের সহিত সোডিয়াম থায়োসালফেটের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



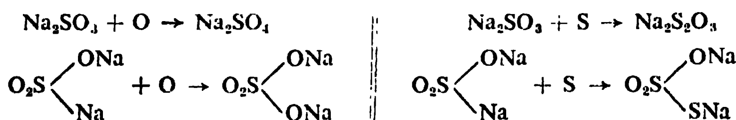
$$2AlCl_3 + 3Na_2S_2O_3 + 3H_2O \xrightarrow{\text{উষ্ণ করিলে}} 6NaCl + 3S + 3SO_2 + 2Al(OH)_3$$

(৬) প্রশম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ থায়োসালফেট দ্বারা বিজারিত হয়।



$$2KMnO_4 + Na_2S_2O_3 = Na_2SO_4 + K_2SO_4 + Mn_2O_3$$

২০-৩৪। থায়োসালফিউরিক অ্যাসিডের গঠন। (ক) সোডিয়াম সালফাইটের দ্রবণ অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়াতে সালফেট এবং সালফার চূর্ণের সহিত বিক্রিয়াতে থায়োসালফেট দেয়। এইভাবে সালফেটের সঙ্গে থায়োসালফেটের একটা গঠনাত্মক সাদৃশ্য সম্ভব।

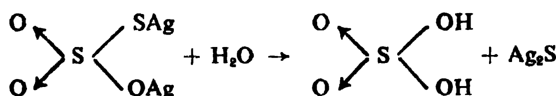


$$Na_2SO_3 + O \rightarrow Na_2SO_4 \qquad Na_2SO_3 + S \rightarrow Na_2S_2O_3$$

অধিকন্তু অস্থায়ী থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারী অম্ল। সুতরাং উহার অণুতে দুইটি (OH) অথবা একটি (OH) এবং একটি (SH) মূলক থাকিবে। অতএব, উহার সংকেত হইবে:

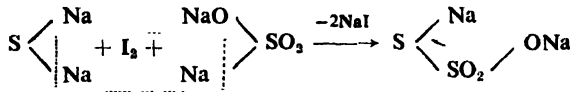


(খ) সিলভার থায়োসালফেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড ও $Ag_2S$ দেয়।



এই বিক্রিয়া স্পষ্টতঃ গঠন (II) সমর্থন করে।

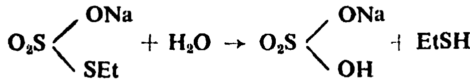
(গ) সোডিয়াম সালফাইড এবং সোডিয়াম সালফাইটের মিশ্রণ আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়াতে সোডিয়াম থায়োসালফেট উৎপন্ন করে।



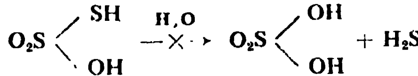
সুতরাং অ্যাসিডটির গঠন হইবে: $O_2S \langle^{SH}_{OH}$

অর্থাৎ, গঠন (II)-ই সমর্থিত হয়।

(ঘ) ইথাইল ব্রোমাইড ও সোডিয়াম থায়োসালফেটের বিক্রিয়াতে যে সোডিয়াম ইথাইল থায়োসালফেট হয়, উহার আদ্র´-বিশ্লেষণে ইথাইল মারকাপ্‌টান পাওয়া যায়। অতএব থায়ো-সালফেটে-(SH) মূলক বর্তমান।

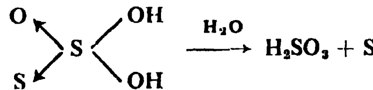


পক্ষান্তরে, গঠন (II)-কে থায়োসালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত হিসাবে গ্রহণ করিলে, থায়োসালফিউরিক অ্যাসিডের আদ্র´-বিশ্লেষণে সালফিউরিক অ্যাসিড ও $H_2S$ পাওয়া উচিত। কিন্তু তাহার পরিবর্তে সালফার পাওয়া যায়।

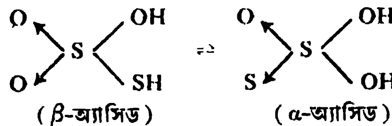


[—×→ এই চিহ্নটি নির্দেশ করে বামধারের বিক্রিয়কটি ডানদিকের পদার্থগুলি উৎপন্ন করিতে পারে না]

অথচ, গঠন (I)কে গ্রহণ করিলে উহা ব্যাখ্যা করা যায়।



(ঙ) থায়োসালফিউরিক অ্যাসিডের এই সমযোগীসমূহ (isomeric modifications) বর্তমানকালে অধ্যাপক পি. রায়, থায়োসালফেটো-পেন্টা-সায়ানো-কোবাল্টিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিয়া সুন্দরভাবে প্রমাণ করিয়াছেন। তিনি ইহাও দেখাইয়াছেন যে, উল্লিখিত দুই প্রকার অ্যাসিডের ($\alpha$-অ্যাসিড ও $\beta$-অ্যাসিড) 'টটোমার' ধর্ম বর্তমান।



**২০-৩৫। সালফার হেপ্টোক্সাইড, $S_2O_7$।** সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেনের মিশ্রণের ভিতর দিয়া শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ (silent electric discharge) করাইলে সালফার হেপ্টোক্সাইডের কঠিনাকার কেলাস পাওয়া যায়, গলনাঙ্ক, (0°C)। এই অক্সাইডটি অত্যন্ত অস্থায়ী, এবং অতি সহজেই ভাঙ্গিয়া গিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেন দেয়।





জলীয় দ্রবণে ইহা হইতে পার-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, সেইজন্য ইহাকে পার-সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride) মনে করা হয়।

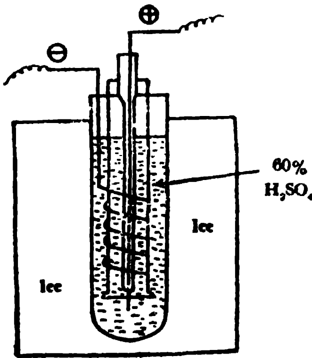
**২০-৩৬। সালফার টেট্রোক্সাইড, $SO_4$।** অত্যন্ত লঘুচাপে এবং তরল বাতাসের অতি শীতল তাপমাত্রায় অরিরিক্ত অক্সিজেন মিশ্রিত সালফার ট্রাই-অক্সাইডের (1 : 10) মধ্যে বিদ্যুৎ-ক্ষরণ করাইলে কঠিনাকার সালফার টেট্রোক্সাইড পাওয়া যায়। ইহার গলনাঙ্ক, 3°C। ইহার জলীয় দ্রবণের জারকগুণ আছে বটে তবে উহা পার-অ্যাসিড বা পার-অক্সাইডের ন্যায় ব্যবহার করে না। ইহা আয়োডাইডকে আয়োডিনে, ম্যাঙ্গানাস লবণকে পারম্যাঙ্গানেটে জারিত করে।

**২০-৩৭। সালফারের পার-অ্যাসিড।** সালফারের দুইটি পার-অ্যাসিড জানা আছে।

(১) **পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_8$।** ইহাকেই সচরাচর পার-সালফিউরিক অ্যাসিড বা মার্শালের অ্যাসিড (Marshall's acid) বলা হয়।

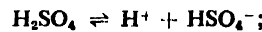
(২) **পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2SO_5$।** ইহার অপর নাম ক্যারোর অ্যাসিড (Caro's acid)।

**পার-সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_8$।** বরফাবৃত পাত্রে শীতল অবস্থায় 50~60% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডে পার-সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই তড়িৎ-বিশ্লেষণে খুব ছোট একটি প্লাটিনাম তারের অ্যানোড এবং কপারের তারের একটি কুণ্ডলাকৃতি ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া জোরালো বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালনা করা হয় এবং ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি মধ্যাবরক বা diaphragm রাখা হয় (চিত্র ২০-ণ)।

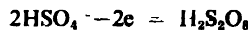


চিত্র ২০-ণ। পারসালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

($HSO_4^-$ আয়ন অ্যানোডে জারিত হইয়া উৎসারিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে পার-সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-;$$



$$2HSO_4^- - 2e = H_2S_2O_8$$

বিশ্লেষণের সময় কিছু $OH^-$-আয়নও অ্যানোডে উৎসারিত হইতে পারে, এই কারণে উহার অপসারণের জন্য সেলে একটু HCl মিশাইয়া লওয়া হয়।

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে উপরোক্ত প্রক্রিয়াতে পটাসিয়াম বাইসালফেটের গাঢ় দ্রবণ লইলে পটাসিয়াম পারসালফেট কেলাস পাওয়া যায়।



$$2KHSO_4 = K_2S_2O_8 + H_2$$

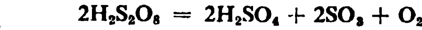
এইভাবেই অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং $H_2SO_4$-এর দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে অ্যামোনিয়াম পারসালফেট পাওয়া যায়।

নির্জল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং ক্লোরো-সালফনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে অনার্দ্র পারসালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$(A)\quad HO.SO_2.Cl + H\text{-}O\text{-}O\text{-}H + Cl.SO_2.OH = HO.SO_2\text{-}O\text{-}O\text{-}SO_2.OH + 2HCl$$

**ধর্ম।** (১) পারসালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণ উষ্ণতায় কঠিনাকার, গলনাঙ্ক, 60°C। জলীয় দ্রবণ তাপিত করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া যায়, এবং সাধারণ অবস্থায় রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে আদ্র-বিশ্লেষিত হয়।



$$2H_2S_2O_8 = 2H_2SO_4 + 2SO_3 + O_2$$



$$H_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_4 + H_2SO_5$$

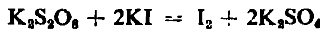
(ক্যারোর অ্যাসিড)

(২) এই দ্বিক্ষারী অম্লটি বা উহার লবণ অনেক ধাতুকে দ্রবিত করে এবং উহাদের সালফেট লবণ উৎপাদন করে।



$$Cu + (NH_4)_2S_2O_8 = CuSO_4 + (NH_4)_2SO_4\ ; \quad Zn + K_2S_2O_8 = ZnSO_4 + K_2SO_4$$

(৩) পারসালফিউরিক অ্যাসিড এবং উহার লবণ শক্তিশালী জারক-দ্রব্য। আয়োডাইডকে আয়োডিনে, ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে পরিণত করে।

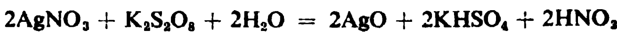


$$K_2S_2O_8 + 2KI = I_2 + 2K_2SO_4$$



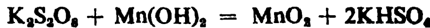
$$K_2S_2O_8 + 2FeSO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4$$

পটাসিয়াম পারসালফেট সিলভার লবণকে $\overset{II}{Ag}O$-এ পরিণত করে;



$$2AgNO_3 + K_2S_2O_8 + 2H_2O = 2AgO + 2KHSO_4 + 2HNO_3$$

ক্ষারীয় মাধ্যমে কোবাল্ট, নিকেল বা ম্যাঙ্গানাস লবণ পারসালফেট দ্বারা উহাদের উচ্চতর অক্সাইডে পরিণত হয়।



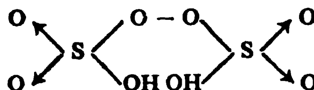
$$K_2S_2O_8 + Mn(OH)_2 = MnO_2 + 2KHSO_4$$

**গঠন।** উল্লিখিত (A) সমীকরণ হইতে স্পষ্টই বোঝা যায়, উহাতে —O—O— মূলক বর্তমান; পারসালফিউরিক অ্যাসিডকে $H_2O_2$-এর প্রতিস্থাপিত যৌগ মনে করা যায়। পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াও উহা সমর্থন করে।



$$HO.SO_2.O-O-H + Cl.SO_2.OH = HO.SO_2-O-O-SO_2OH + HCl$$

দুইটি OH-মূলক থাকার জন্যই ইহা দ্বিক্ষারী অম্লরূপে ব্যবহার করে। অতি সহজে উহার সালফিউরিক অ্যাসিডে বিজারিত হওয়াও এই গঠন হইতে সম্ভব। সুতরাং ইহার সংকেত দেওয়া হইয়াছে,



**ব্যবহার।** আয়তনিক বিশ্লেষণে $K_2S_2O_8$ জারক-দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়। $(NH_4)_2S_2O_8$ বিরঞ্জক দ্রব্যরূপে ফটোগ্রাফীতে ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-পদ্ধতিতে $H_2O_2$-প্রস্তুতিও পারসালফেটের মাধ্যমে হয়।

**পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2SO_5$।** ক্যারো নিম্নলিখিত উপায়ে এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করেন। উত্তম-বিচূর্ণ পটাসিয়াম পারসালফেটের সঙ্গে উহার দ্বিগুণ ওজনের $H_2SO_4$ মিশাইয়া 10°C-এ শীতল করা হয়। এখন এই শীতল মিশ্রণকে অতিরিক্ত পরিমাণ গুঁড়া-বরফের উপর ঢালিয়া দেওয়া হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণে পারমনো-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$K_2S_2O_8 + H_2SO_4 = H_2S_2O_8 + K_2SO_4;\quad H_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_5 + H_2SO_4$$

বেরিয়াম ফসফেটের সঙ্গে ঝাঁকাইয়া দ্রবণ হইতে সমস্ত $H_2SO_4$-কে বেরিয়াম সালফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং ছাঁকিয়া অপসারণ করা হয়।

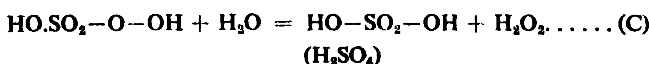
অনার্দ্র বিশুদ্ধ পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড পাইতে হইলে নির্জল $H_2O_2$-এর সঙ্গে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড যোগ করা হয়।



$$H-O-O-H + ClSO_3H = HO-O-SO_3H + HCl \ldots (B)$$

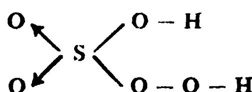
**ধর্ম।** পারমনো-সালফিউরিক অ্যাসিড কঠিনাকার পদার্থ, গলনাঙ্ক, 45°C। ইহা একক্ষারী অম্ল। এবং ইহার লবণ $KHSO_5$ জানা আছে। এই অ্যাসিডও পার-সালফিউরিক অ্যাসিডের মতই তীব্র জারণগুণসম্পন্ন, KI হইতে তৎক্ষণাৎ আয়োডিন নিষ্কাশিত করে, অ্যানিলিনকে নাইট্রোবেনজিন ও নাইট্রোসো-বেনজিনে পরিণত করে।

জলীয় দ্রবণে এই অ্যাসিড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



$$HO.SO_2-O-OH + H_2O = \underset{(H_2SO_4)}{HO-SO_2-OH} + H_2O_2 \ldots\ldots (C)$$

'B' এবং 'C' চিহ্নিত সমীকরণ হইতে উহার রচনাত্মক সংকেত দেখা যাইতেছে

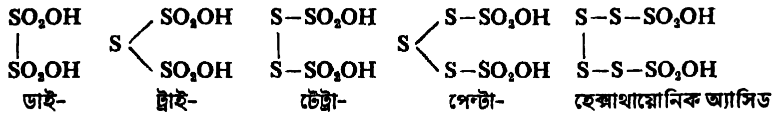



দুইটি পার-অ্যাসিডই জারক-দ্রব্য। কিন্তু ক্যারোর অ্যাসিড আয়োডাইডের সংস্পর্শে আসিলেই উহাকে জারিত করিয়া আয়োডিন দেয়। কিন্তু মার্শাল অ্যাসিড অর্থাৎ পার-সালফিউরিক অ্যাসিড অতি ধীরে ধীরে আয়োডাইডকে জারিত করে।

এই অ্যাসিডদ্বয়ের জারণগুণ $H_2O_2$-এর মত। $H_2O_2$ হইতে ইহাদের পার্থক্য নির্দেশ করার জন্য $KMnO_4$ দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। $KMnO_4$ দ্রবণের উপর পার-অ্যাসিড দুইটির কোন ক্রিয়া নাই কিন্তু $H_2O_2$ উহাকে তৎক্ষণাৎ বিরঞ্জিত করে।

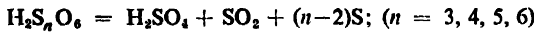
**২০-৩৮। থায়োনিক অ্যাসিডসমূহ।** অতিরিক্ত সালফার সমন্বিত আরও পাঁচটি অক্সি-অ্যাসিড আছে; উহাদের বলা হয় থায়োনিক অ্যাসিড। ইহাদের সাধারণ সংকেত, $H_2S_nO_6$, $(n = 2, 3, 4, 5, 6)$। এই অ্যাসিডগুলির অস্তিত্ব জলীয় দ্রবণে সীমাবদ্ধ,

কিন্তু উহাদের লবণগুলি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। দুইটি সালফনিকমূলক সরাসরি বা একাধিক সালফার পরমাণুর মাধ্যমে যুক্ত হইয়া এই থায়োনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উহাদের সংকেত,



ডাই- ট্রাই- টেট্রা- পেন্টা- হেক্সাথায়োনিক অ্যাসিড

সবগুলি অ্যাসিডই দ্বিক্ষারী অম্ল। উহাদের জলীয় দ্রবণ কিছুকাল রাখিয়া দিলে উহারা বিযোজিত হইয়া সালফার ডাইঅক্সাইড, সালফার এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দেয়। ডাইথায়োনিক অ্যাসিড হইতে সালফার পাওয়া যায় না।



$$H_2S_nO_6 = H_2SO_4 + SO_2 + (n-2)S; \ (n = 3, 4, 5, 6)$$



$$H_2S_2O_6 = H_2SO_4 + SO_2$$

( ডাই-থায়োনিক )

**ডাইথায়োনিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_6$।** শীতল জলে (0°C) বিচূর্ণ $MnO_2$ প্রলম্বিত রাখিয়া উহাতে ক্রমাগত $SO_2$-গ্যাস পরিচালিত করিলে ম্যাঙ্গানিজ ডাইথায়োনেট পাওয়া যায়।



$$2MnO_2 + 3H_2SO_3 = Mn_2S_2O_6 + MnSO_4 + 3H_2O$$

উহাতে অতঃপর ব্যারাইটা $[Ba(OH)_2]$ মিশান হয়। $BaSO_4$ এবং $Mn(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। উহাদের ছাঁকিয়া পৃথক করা হয় এবং দ্রবণ হইতে বেরিয়াম ডাইথায়োনেট, $BaS_2O_6.H_2O$ কেলাসিত করা হয়। লঘু সালফিউরিক দ্বারা এই লবণ হইতে ডাইথায়োনিক অ্যাসিড দ্রবণ তৈয়ারী করা যায়, ইহা একটি তীব্র অম্ল। উত্তাপে এই অ্যাসিড বা উহার লবণ বিযোজিত হইয়া যায়।



$$H_2S_2O_6 = H_2SO_4 + SO_2$$



$$K_2S_2O_6 = K_2SO_4 + SO_2$$

**ট্রাইথায়োনিক অ্যাসিড, $H_2S_3O_6$।** সম্পৃক্ত পটাসিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণে দীর্ঘকাল $SO_2$-গ্যাস পরিচালিত করিয়া পটাসিয়াম ট্রাইথায়োনেট উৎপাদন করা হয়।



$$2K_2S_2O_3 + 3SO_2 = 2K_2S_3O_6 + S$$

উহার সঙ্গে কিছু পেন্টা- ও হেক্সা-থায়োনেটও হয়।

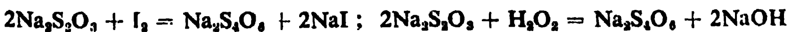
হিমশীতল সোডিয়াম থায়োসালফেটকে $H_2O_2$-দ্বারা জারিত করিয়াও উহা তৈয়ারী করা যায়।



$$2Na_2S_2O_3 + 4H_2O_2 = Na_2S_3O_6 + Na_2SO_4 + 4H_2O$$

ট্রাইথায়োনেটকে টারটারিক বা পারক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিলে ট্রাইথায়োনিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।

**টেট্রাথায়োনিক অ্যাসিড, $H_2S_4O_6$।** সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণকে $I_2$, $FeCl_3$, $H_2O_2$ ইত্যাদির দ্বারা জারিত করিলে টেট্রাথায়োনেটে পরিণত হয়।



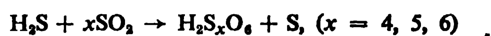
$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI; \quad 2Na_2S_2O_3 + H_2O_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaOH$$



$$2FeCl_3 + 2Na_2S_2O_3 = Na_2S_4O_6 + 2FeCl_2 + 2NaCl$$

**পেন্টা-ও হেক্সাথায়োনিক অ্যাসিড, $H_2S_5O_6$ & $H_2S_6O_6$।** 0°C-এ সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণে ক্রমাগত $H_2S$-গ্যাস চালিত করিয়া পরিপৃক্ত করিলে একটি দুধের মত

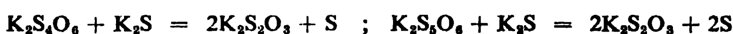
সাদা কলায়ডীয় দ্রবণ (ভাকেনরডার দ্রবণ) পাওয়া যায়। উহাতে কলয়েড সালফার, এবং টেট্রা-, পেন্টা- ও হেক্সা-থায়োনিক অ্যাসিড এবং থায়োসালফেট, সালফাইট ইত্যাদি



$$H_2S + xSO_2 \rightarrow H_2S_xO_6 + S, \; (x = 4, 5, 6)$$

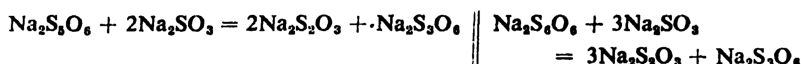
থাকে। উহাদের লবণ তৈয়ারী করিয়া আংশিক কেলাসনে পৃথক করা হয়।

ক্ষারীয় সালফাইড দ্বারা পলিথায়োনেটগুলি থায়োসালফেটে বিজারিত হয়:



$$K_2S_4O_6 + K_2S = 2K_2S_2O_3 + S \quad ; \quad K_2S_5O_6 + K_2S = 2K_2S_2O_3 + 2S$$

উচ্চতর থায়োনেটগুলি সোডিয়াম সালফাইট দ্বারা বিজারিত হয় এবং ট্রাইথায়োনেট ও থায়োসালফেট দেয়।



$$Na_2S_5O_6 + 2Na_2SO_3 = 2Na_2S_2O_3 + Na_2S_3O_6 \quad \Big\| \quad Na_2S_6O_6 + 3Na_2SO_3 = 3Na_2S_2O_3 + Na_2S_3O_6$$

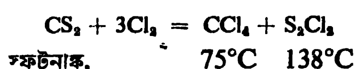
২০-৩৯। **সালফারের হ্যালাইডসমূহ।** হ্যালোজেন মৌলসমূহের সহিত (আয়োডিন ভিন্ন) সালফার নিম্নলিখিত যৌগগুলি উৎপন্ন করে।

| ফ্লুরাইড | ক্লোরাইড | ব্রোমাইড |
|---|---|---|
| $S_2F_2$, $SF_4$, $SF_6$, $S_2F_{10}$ | $S_2Cl_2$, $SCl_2$, $SCl_4$ | $S_2Br_2$ |

ইহাদের মধ্যে নিম্নলিখিত দুইটি যৌগের কথা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

**সালফার মনোক্লোরাইড, $S_2Cl_2$।** **প্রস্তুতি**—রেটর্টে অবস্থিত গলিত সালফারের উপর শুষ্ক ক্লোরিন পাঠাইয়া $S_2Cl_2$ উৎপন্ন করা হয়। উহা পাতন প্রক্রিয়াদ্বারা সংগ্রহ করা হয়। বিশুদ্ধ করিতে হইলে যৌগটিকে পুনঃপাতিত করা হয়।

কার্বন টেট্রাক্লোরাইড প্রস্তুতের সময় উপজাত দ্রব্য হিসাবে সালফার মনোক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উহাকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়াদ্বারা সংগ্রহ করা হয়।



$$CS_2 + 3Cl_2 = CCl_4 + S_2Cl_2$$

স্ফুটনাঙ্ক, 75°C 138°C

**ধর্ম:** (১) ইহা একটি হলুদ রং-এর ধূমায়িত তরল। ইহার শ্বাস-রোধকারী গন্ধ আছে।

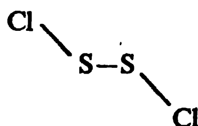
(২) $S_2Cl_2$ জলে দিলে প্রথমে জলের নীচে ডুবিয়া যায়। পরে ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায় ও বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে; যেমন,



$$S_2Cl_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2S + SO_2$$

(৩) ধাতুদ্বারা বিজারিত হইয়া ইহা সালফাইড ও ক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

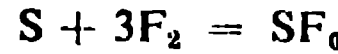
**গঠন:** আধুনিককালে সালফার মনোক্লোরাইডের গঠন আলোচনা করিয়া দেখা গিয়াছে উহা দ্ব্যনুক এবং উহাতে S—S বন্ধন রহিয়াছে।




উল্লিখিত গঠনে ∠SSCl = 104°।

**ব্যবহার:** (১) রবার শক্ত করিতে (vulcanization of rubber); (২) জৈব যৌগ-সমূহকে ক্লোরিনেশন করিতে; (৩) বিভিন্ন পদার্থের (যেমন, S, $I_2$, কোন কোনও ধাতব হ্যালাইড) দ্রাবক হিসাবে ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

**সালফার হেক্সাফ্লুরাইড, $SF_6$।** প্রস্তুতি—সালফারের সহিত ফ্লুরিনের বিক্রিয়ায় $SF_6$ উৎপন্ন হয়।



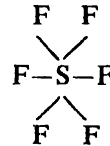
$$S + 3F_2 = SF_6$$

**ধর্ম:** $SF_6$ হইল একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় যৌগ। উত্তাপ-প্রয়োগে ইহার কোনও পরিবর্তন হয় না। ইহা জল বা ক্ষারের দ্বারাও কোনরূপ পরিবর্তিত হয় না। ইহা $H_2S$ ও ধাতব সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে।



$$SF_6 + 3H_2S = 6HF + 4S\,; \quad SF_6 + 8Na = Na_2S + 6NaF$$

**গঠন।** সালফার হেক্সাফ্লুরাইডের বিশেষত্ব হইল ইহা সালফারের সর্বোচ্চ যোজ্যতা (6) প্রদর্শন করিয়া থাকে। এই যৌগটির নিষ্ক্রিয়তা সালফারের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়। বস্তুতঃ, এই যৌগটির লুইসের অষ্টকসূত্র মানিয়া চলে না।




**২০-৪০। সালফারের অক্সি-হ্যালাইডসমূহ।** সালফারের নিম্নলিখিত অক্সি-হ্যালাইডসমূহ জানা রহিয়াছে।

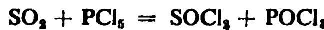
থায়োনিল যৌগ: $SOF_2$, $SOCl_2$ $SOBr_2$

সালফুরিল যৌগ: $SO_2F_2$, $SO_2Cl_2$

হ্যালোসালফনিক যৌগ: $FSO_3H$, $ClSO_3H$, $BrSO_3H$

উহাদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য অক্সিহ্যালাইড সম্পর্কে আলোচনা করা হইল।

**থায়োনিল ক্লোরাইড, $SOCl_2$।** প্রস্তুতি। $PCl_5$-এর উপর $SO_2$-এর বিক্রিয়ায় $SOCl_2$ উৎপন্ন হয়।



$$SO_2 + PCl_5 = SOCl_2 + POCl_3$$

উৎপন্ন যৌগসমূহকে আংশিকপাতন প্রক্রিয়া দ্বারা পৃথক করা হয় ($SOCl_2$-এর স্ফুটনাঙ্ক 78°C আর $POCl_3$-এর 167°C)।

থায়োনিম ক্লোরাইডের পণ্যোৎপাদন করিতে হইলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও সালফার মনোক্লোরাইডকে 75—80°C-এ বিক্রিয়া করানো হয়।



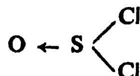
$$SO_3 + S_2Cl_2 = SOCl_2 + SO_2 + S$$

**ধর্ম।** থায়োনিল ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন তরল। আর্দ্র-বাতাসে ইহা ধূমায়িত হইতে থাকে এবং উহা জলদ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



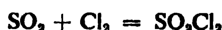
$$SOCl_2 + 2H_2O = H_2SO_3 + 2HCl$$

**গঠন:** থায়োনিল ক্লোরাইডের গঠন নিম্নলিখিতভাবে লেখা হয়।



**ব্যবহার।** জৈব যৌগসমূহকে ক্লোরিনযুক্ত যৌগ করিতে (ইহা OH-কে Cl-দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে) ব্যবহৃত হয়।

**সালফুরিল ক্লোরাইড, $SO_2Cl_2$।** **প্রস্তুতি :** সূর্যালোকে অথবা সক্রিয় অঙ্গার, কর্পূর বা অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড ইত্যাদি অনুঘটকের উপস্থিতিতে $SO_2$ ও $Cl_2$-এর সরাসরি বিক্রিয়ায় $SO_2Cl_2$ উৎপন্ন হয়।



$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

তাছাড়া ঘন $H_2SO_4$-এর উপর অতিরিক্ত $PCl_5$-এর বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন হয়। উপাদানগুলিকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় পৃথক করা হয়।

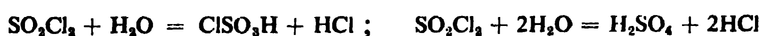


$$H_2SO_4 + PCl_5 = ClSO_3H + POCl_3 + HCl$$



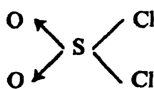
$$ClSO_3H + PCl_5 = SO_2Cl_2 + POCl_3 + HCl$$

**ধর্ম।** সালফুরিল ক্লোরাইড বর্ণহীন, ধূমায়মান তরল (স্ফুটনাঙ্ক, 69°C)। হিম-শীতল জল ও $SO_2Cl_2$ সোদক কেলাস $SO_2Cl_2, 15H_2O$ গঠন করে। ইহা জলের উপস্থিতিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।

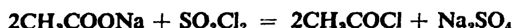


$$SO_2Cl_2 + H_2O = ClSO_3H + HCl \; ; \quad SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$$

**গঠন।** ইহার গঠন নিম্নরূপে দেওয়া হয় :

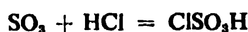


**ব্যবহার।** জৈব অ্যাসিডসমূহের অ্যাসিড ক্লোরাইড প্রস্তুতের কাজে সালফুরিল ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়। যেমন,



$$2CH_3COONa + SO_2Cl_2 = 2CH_3COCl + Na_2SO_4$$

**ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড, $ClSO_3H$।** **প্রস্তুতি।** সালফার ট্রাইঅক্সাইড ও অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সরাসরি সংযোগের ফলে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



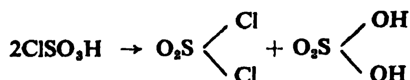
$$SO_3 + HCl = ClSO_3H$$

এই যৌগটি প্রস্তুতির আর একটি সহজ পদ্ধতি হইল $H_2SO_4$-এর উপর ফসফরাস অক্সি-ক্লোরাইডের বিক্রিয়া :

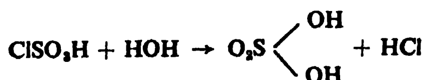


$$2H_2SO_4 + POCl_3 = 2ClSO_3H + HPO_3 + HCl$$

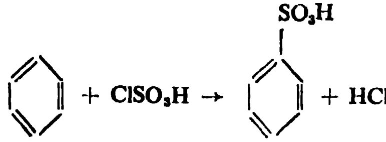
**ধর্ম।** (১) ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান তরল (স্ফুটনাঙ্ক, 152°C)।
(২) 180°C-এ চাপ প্রয়োগে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড ভাঙিয়া সালফুরিল ক্লোরাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড দেয়।



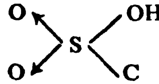
(৩) জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



(৪) বেঞ্জিনের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা বেঞ্জিন সালফনিক অ্যাসিড গঠন করিয়া থাকে।



**গঠন:** ইহার গঠন নিম্নরূপ:

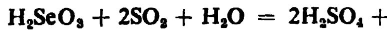


**ব্যবহার:** জৈব রসায়নে ক্লোরোসালফনিক অ্যাসিড সালফনেটিং বিকারক (sulphonating agent) হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

## সেলিনিয়াম

চিহ্ন Se, ক্রমাঙ্ক 34, পাঃ গুরুত্ব 78.96, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4$

সেলিনিয়াম প্রায়ই পাইরাটিস্ জাতীয় খনিজের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে থাকে। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করার সময় সীসার প্রকোষ্ঠগুলির গায়ে একটা লাল আস্তরণ পড়ে। উহাতে পাইরাইটিস্ হইতে তাপজারণে সেলিনিয়াম ডাইঅক্সাইড উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া জমে। ইহাই সেলিনিয়াম পাওয়ার প্রধান উৎস। এই লাল পদার্থটি লইয়া আবার তাপিত করিলে, $SeO_2$ উর্ধ্বপাতিত হয়। উহাকে জলে দ্রবিত করিলে সেলেনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়। সেলিনিয়াস অ্যাসিডকে $SO_2$-গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিলে লাল অনিয়তাকার মৌল সেলিনিয়াম মৌল অধঃক্ষিপ্ত হয়।

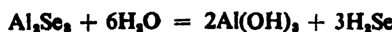


$$H_2SeO_3 + 2SO_2 + H_2O = 2H_2SO_4 +$$

সেলিনিয়ামের ধর্ম ও গুণাগুণ ঠিক সালফারের মত। সেলিনিয়ামের তিনটি রূপভেদ আছে। (১) অনিয়তাকার সেলিনিয়াম (ঘনত্ব 4.26)। 80°C-এ তাপিত করিলে উহা ধাতব সেলিনিয়ামে পরিণত হইতে থাকে। (২) মনোক্লিনিক সেলিনিয়াম (ঘনত্ব, 4.47)। কার্বন ডাইসালফাইড দ্রবণ হইতে এই সেলিনিয়াম লাল সূক্ষ্ম স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়। ইহাও 220°C-এ ধাতব সেলিনিয়ামে পরিবর্তিত হয়। (৩) ধাতব সেলিনিয়াম (ঘনত্ব, 4.8; গলনাঙ্ক, 217°C) ধূসর রঙের স্ফটিকাকার রূপভেদ। অন্ধকারে ইহার তড়িৎপরিবাহিতা প্রায় নাই। কিন্তু আলোর উপস্থিতিতে উহা যথেষ্ট তড়িৎ-পরিবাহী। ফটো-সেলে এই জন্য ইহা ব্যবহার হয়।

সেলিনিয়াম বাতাসে নীলশিখাসহ জ্বলে এবং $SeO_2$ দেয়। সেলিনিয়াম নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত হয় এবং সেলিনিয়াস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হইয়া উহা সেলিনাইড যৌগ গঠন করে; $Na_2Se$, $Na_2Se_2$ ইত্যাদি।

**হাইড্রোজেন সেলিনাইড, $H_2Se$।** সাধারণতঃ অ্যালুমিনিয়াম সেলিনাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে ইহা তৈয়ারী করা হয়।



$$Al_2Se_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2Se$$

হাইড্রোজেন সেলিনাইড একটি দুর্গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন, দাহ্য ও বিষাক্ত গ্যাস। ইহা জলে দ্রাব্য, দ্রবণটি ক্ষীণ অম্ল। আর্দ্র বাতাসে, সূর্যালোকে বা সালফারের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে ইহা জারিত হয়।



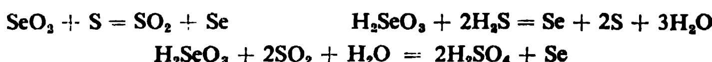
$$H_2Se + S = H_2S + Se \qquad 2H_2Se + O_2 = 2H_2O + 2Se$$

অনেক ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ইহা ধাতব সেলিনাইড অধঃক্ষিপ্ত করে :



$$2AgNO_3 + H_2Se = Ag_2Se + 2HNO_3$$

**সেলিনিয়াম ডাই-অক্সাইড, $SeO_2$ ও সেলিনিয়াস অ্যাসিড, $H_2SeO_3$।** বাতাসে সেলিনিয়াম পোড়াইলে সেলিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহা স্ফটিকাকার ও বর্ণহীন। ইহার জলীয় দ্রবণই সেলেনিয়াস অ্যাসিড। উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে সেলিনিয়ামকে দ্রবিত করিয়া ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করিলে স্ফটিকাকার সেলিনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব। উহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহা দ্বিক্ষারী অম্ল। ডাই-অক্সাইড এবং সেলিনিয়াস অ্যাসিড উভয়ই বিভিন্ন বিজারক দ্বারা অতি সহজে বিজারিত হইয়া মৌলে পরিণত হয়।



$$SeO_2 + S = SO_2 + Se \qquad H_2SeO_3 + 2H_2S = Se + 2S + 3H_2O$$
$$H_2SeO_3 + 2SO_2 + H_2O = 2H_2SO_4 + Se$$

সেলিনিয়ামের একাধিক যোজ্যতা আছে।

**সেলিনিয়াম ট্রাই-অক্সাইড, $SeO_3$।** নিম্নচাপে সেলিনিয়াম বাষ্প এবং অক্সিজেনের মিশ্রণে বিদ্যুৎক্ষরণে সেলিনিয়াম ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহা একটি সাদা উদ্গ্রাহী কঠিন পদার্থ।

**সেলেনিক অ্যাসিড, $H_2SeO_4$।** সেলিনিয়াস অ্যাসিডের দ্রবণকে ক্লোরিন দ্বারা জারিত করিলে সেলেনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$H_2SeO_3 + Cl_2 + H_2O = H_2SeO_4 + 2HCl$$

ক্ষারধাতুর সেলিনেট পাইতে হইলে সেলিনিয়াম বা সেলিনাইট লবণকে ক্ষারীয় নাইট্রেট-সহ গলাইয়া লওয়া প্রয়োজন।

সেলেনিক অ্যাসিড তাপ-উদ্গীরণসহ জলে দ্রব হয়। ইহা একটি অতি শক্তিশালী জারক-দ্রব্য। বহু ধাতুকে এই অ্যাসিড দ্রবীভূত করে, এমন কি গোল্ডও ইহাতে দ্রবীভূত হয়। সেলিনেট লবণগুলি প্রায়ই সালফেট লবণের সঙ্গে সমাকৃতিক। বেরিয়াম সেলিনেট বেরিয়াম সালফেটের মত জলে অদ্রাব্য। জৈব রসায়নে ইহা জারক-হিসাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

সেলিনিয়ামের অনেক হ্যালাইড আছে। $SeF_6$ একটি বর্ণহীন স্থায়ী গ্যাস এবং জলের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। $Se_2Cl_2$ লালচে তরল পদার্থ। $SeCl_4$ হরিদ্রাভ সাদা কঠিনাকার পদার্থ। $SeOCl_2$, ঈষৎ হলুদ তরল এবং সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।

## টেলুরিয়াম

চিহ্ন Te, ক্রমাঙ্ক 52, পাঃ গুরুত্ব 127.6

ইলেকট্রন বিন্যাস। $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^4$

প্রকৃতিতে টেলুরিয়ামের পরিমাণ সামান্য। সিলভার, লেড, বিসমাথ, গোল্ড প্রভৃতির খনিজে উহার ধাতব যৌগ কিছু কিছু থাকে। যেমন, সিলভানাইট $(Au, Ag) Te_4$, টেট্রাডিমাইট $Bi_2(Te,S)_3$। কপার ও গোল্ড প্রভৃতির তড়িৎ-বিশোধনের সময় অ্যানোডে যে গাদ থাকে উহা হইতেই টেলুরিয়াম সংগৃহীত হয়। এই আনোড-গাদকে সোডা এবং সোডিয়াম নাইট্রেটের সঙ্গে মিশাইয়া চুল্লীতে গলান হয়। গলিত ক্ষারীয় মিশ্রণকে জলে দ্রবিত করিয়া উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করা হয়। তখন ক্ষারীয় $TeO_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়, উহা ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণকে $SO_2$-গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিলে টেলুরিয়াম মৌলটি পাওয়া যায়।

সিলভানাইট খনিজকে ক্লোরিন-গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে সেলেনিয়াম, অ্যান্টিমনি এবং টেলুরিয়াম ক্লোরাইড উদ্বায়িত হইয়া আসে। এই বাষ্পকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়া সোডিয়াম বাইসালফাইট দ্বারা বিজারিত করিলে টেলুরিয়াম পাওয়া যায়।

টেলুরিয়াম রূপার মত উজ্জ্বল সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ (ঘনত্ব 6.23, গলনাঙ্ক 452°C)। ইহার বিদ্যুৎ ও তাপ পরিবাহিতা যথেষ্ট এবং মৌলটির ধাতব প্রকৃতি সুস্পষ্ট; যদিও অনেক ধর্ম সালফার বা সেলিনিয়ামের অনুরূপ। টেলুরিয়ামের একটি অনিয়তাকার রূপভেদও আছে (ঘনত্ব, 6.02)। টেলুরিয়াম $CS_2$ বা অন্যান্য দ্রাবকে দ্রব হয় না।

টেলুরিয়াম বাতাসে উত্তপ্ত করিলে নীল-শিখাসহ জ্বলে এবং $TeO_2$-এ পরিণত হয়। অনেক ধাতুর সহিত উহা সংযুক্ত হয় এবং ধাতব টেলুরাইড গঠন করে।

**হাইড্রোজেন টেলুরাইড, $H_2Te$।** অ্যালুমিনিয়াম টেলুরাইডের উপর লঘু HCl-এর বিক্রিয়াতে এই দুর্গন্ধযুক্ত অস্থায়ী গ্যাসটি উৎপন্ন হয়।



$$2Al + 3Te = Al_2Te_3 \quad ; \quad Al_2Te_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2Te$$

এই গ্যাসটি দাহ্য,



$$2H_2Te + 3O_2 = 2TeO_2 + 2H_2O$$

আর্দ্র-বায়ুতে বা সূর্যালোকে $H_2Te$ জারিত হইয়া টেলুরিয়ামে পরিণত হয়। গ্যাসটির জলীয় দ্রবণ আম্লিক এবং অস্থায়ী।

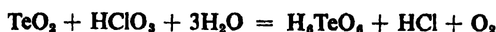
টেলুরিয়ামের একাধিক যোজ্যতা বর্তমান। উহার অক্সাইড এবং অক্সিঅ্যাসিডগুলি হইল—(১) টেলুরিয়াম ডাইঅক্সাইড, $TeO_2$; (২) টেলুরিয়াম ট্রাইঅক্সাইড, $TeO_3$; (৩) টেলুরাস অ্যাসিড, $H_2TeO_3$; (৪) টেলুরিক অ্যাসিড, $H_6TeO_6$।

**টেলুরিয়াম ডাইঅক্সাইড, $TeO_2$।** এই সাদা স্ফটিকাকার অক্সাইডটি অক্সিজেনে টেলুরিয়ামকে পোড়াইয়া তৈয়ারী করা হয়। ইহা স্থায়ী যৌগ (গলনাঙ্ক, 450°C)। ইহা উভধর্মী অক্সাইড। জলে বিশেষ দ্রব হয় না, কিন্তু ক্ষারে দ্রবিত হইয়া টেলুরাইট

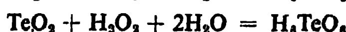
দেয় (যথা, $K_2TeO_3$) এবং অ্যাসিডের সঙ্গে ক্ষার-লবণ উৎপাদন করে (যথা, $2TeO_2$, $HNO_3$)।

পটাসিয়াম টেলুরাইটের দ্রবণে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দিলে টেলুরাস অ্যাসিড পাউডার অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা একটি ক্ষীণ অম্ল এবং অস্থায়ী। সহজেই ইহা জল পরিত্যাগ করিয়া $TeO_2$-এ পরিণত হয়।

**টেলুরিক অ্যাসিড, $H_6TeO_6$।** $TeO_2$-কে $H_2O_2$ বা ফুটন্ত ক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলে টেলুরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

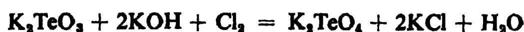


$$TeO_2 + HClO_3 + 3H_2O = H_6TeO_6 + HCl + O_2$$



$$TeO_2 + H_2O_2 + 2H_2O = H_6TeO_6$$

এই দ্বিক্ষারী ক্ষীণ-অম্লটি বর্ণহীন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উষ্ণ জলে ইহা দ্রবণীয় টেলুরেট লবণ কিন্তু টেলুরাইটের ক্ষারীয় দ্রবণকে ক্লোরিনদ্বারা জারিত করিয়া পাওয়া যায়।



$$K_2TeO_3 + 2KOH + Cl_2 = K_2TeO_4 + 2KCl + H_2O$$

এইসব লবণের সঙ্গে সর্বদাই দুইটি জলের অণু সংহত থাকে। সুতরাং উহার সংকেত হইবে, $K_2H_4(TeO_6)$

টেলুরিয়ামের হ্যালাইডের মধ্যে উল্লেখযোগ্য $TeF_6$ এবং $TeCl_4$; সরাসরি টেলুরিয়াম এবং হ্যালোজেনের সংযোগ হইতে উহাদের পাওয়া যায়।

টেলুরিয়াম এবং উহাদের যৌগদের কিছু কিছু ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। কাঠিন্য বৃদ্ধির জন্য এবং অ্যাসিডের আক্রমণ রোধের জন্য উহা লেডের সহিত (1%) মিশ্রিত করা হয়। কাচ ও মৃৎশিল্পেও সামান্য ব্যবহার হয়। ফটোগ্রাফীতে সিলভারের উপর কালো ছাপ ফেলার জন্য ইহা প্রয়োগ করা হয়। মরিচা প্রতিরোধেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

## অনুশীলনী

১। ওজোনের গঠন ও সংকেত নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। (১) বিচূর্ণ ধাতব সিলভার এবং (২) স্ট্যানাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে ওজোন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া তুলনা কর।।

২। 'সালফার ডাই-অক্সাইড জারকরূপে এবং বিজারকরূপে বিক্রিয়া করিতে পারে'। প্রত্যেক ক্ষেত্রে দুইটি উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও। আয়তনিক বা মাত্রিক পদ্ধতিতে কি ভাবে সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত নির্ণয় করা হয় বর্ণনা কর।

৩। সালফারের বহুরূপতার সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ। সালফার হইতে কি ভাবে (ক) সালফার ট্রাইঅক্সাইড (খ) সোডিয়াম থায়োসালফেট পাওয়া যাইতে পারে?

৪। সোডিয়াম থায়োসালফেট কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? নিম্নোক্ত পদার্থের সঙ্গে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের কি বিক্রিয়া হয় সমীকরণ সহ উল্লেখ কর। (ক) আয়োডিন (খ) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড।

৫। ল্যাবরেটরীতে ওজোনিত অক্সিজেন কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? ওজোন যে মূলতঃ অক্সিজেন তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

ওজোন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ-ক্রিয়ার তুলনামূলক বিচার কর। কি পরীক্ষার সাহায্যে ওজোনের সঙ্গে হাইড্রোজেনের পার্থক্য প্রমাণ করিবে?

৬। ওজোন এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুতি-পদ্ধতি এবং উহাদের ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনা কর। উহাদের গঠন-সংকেত কিরূপে স্থির করা হইয়াছে?

৭। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির একটি শিল্প-পদ্ধতির বর্ণনা দাও।

৮। স্পর্শ-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করার একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। কি কি ব্যবস্থার উপর এই পদ্ধতিটির সার্থকতা নির্ভর করে?

৯। সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠন-সংকেত কি ভাবে স্থির করা হইয়াছে বিশ্লেষণ কর। তুমি সোডিয়াম থায়োসালফেট কি ভাবে তৈয়ারী করিবে? আয়তনিক বিশ্লেষণে থায়োসালফেটের ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

১০। অক্সিজেন এবং সালফারকে একই শ্রেণীভুক্ত করার যৌক্তিকতা কি? এই দুইটি মৌলের মধ্যে কি কি ধর্মের সাদৃশ্য দেখা যায়?

১১। কিরূপে প্রস্তুত করিবে?

(ক) সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে সালফার;

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে পার-সালফিউরিক অ্যাসিড;

(গ) সালফার হইতে থায়োনিল ক্লোরাইড;

(ঘ) কোলগ্যাস হইতে সালফার;

(ঙ) সালফার ট্রাই-অক্সাইড।

১২। নিম্নলিখিত যৌগগুলির প্রস্তুতি ও গঠন লিখ:

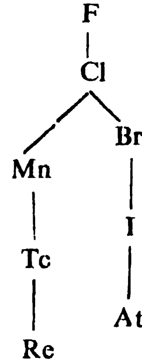
(ক) সালফার হেক্সাফ্লুরাইড; (খ) সালফুরিল ক্লোরাইড; (গ) ক্যারোর অ্যাসিড; (ঘ) হাইড্রোজেন পার-সালফাইড (ঙ) $K_2S_2O_8$।

১৩। ল্যাবরেটরীতে বিকারক হিসাবে হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার ব্যাখ্যা কর। হাইড্রোজেন সালফাইডের সংযুতি কি ভাবে নির্ধারণ করা হয়? হাইড্রোজেন সালফাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের বিজারণ-ক্রিয়া তুলনা কর।

পরিচ্ছেদ ২১

# সপ্তম শ্রেণীর মৌল : A-উপশ্রেণী

## ম্যাঙ্গানিজ




পর্যায় সারণীতে সপ্তম শ্রেণীতে আটটি মৌল স্থান পাইয়াছে। উহাদের মধ্যে VIIA-উপশ্রেণীতে রহিয়াছে, ম্যাঙ্গানিজ, টেক্‌নিসিয়াম এবং রেনিয়াম। আর VIIB-উপশ্রেণীতে আদর্শ মৌল ফ্লুরিন, ক্লোরিনসহ ব্রোমিন, আয়োডিন এবং অ্যাস্টাটিন স্থান পাইয়াছে।

VIIA-উপশ্রেণীর মৌলত্রয়। ইহারা সকলেই ধাতু এবং সকলেই সন্ধিগত মৌল সমূহের অন্তর্ভুক্ত। টেক্‌নিসিয়াম একটি সংশ্লেষিত মৌল এবং প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, পরন্তু অস্থায়ী। সেগ্রে (Segre, 1937) কৃত্রিম উপায়ে ইহা প্রস্তুত করেন। রেনিয়াম যদিও স্থায়ী মৌল, কিন্তু প্রকৃতিতে ইহা খুবই কম পাওয়া যায়। উহার কোন বিশেষ আকরিকও জানা নাই। মাত্র ১৯২৫ সালে উহা আবিষ্কৃত হইয়াছে। এই মৌলত্রয়ের মধ্যে ম্যাঙ্গানিজই বিশেষ উল্লেখযোগ্য এবং ইহা একটি অত্যন্ত প্রয়োজনীয় ধাতু। ইহার যথেষ্ট আকরিকও আছে। এখানে কেবলমাত্র ম্যাঙ্গানিজের বিস্তারিত আলোচনা করা হইতেছে।

**২১-১। পর্যায় সারণীতে ম্যাঙ্গানিজের স্থান।** সারণীর সপ্তম শ্রেণীর A-উপশ্রেণীতে রেনিয়ামের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজের স্থান দেওয়া হইয়াছে। পর্যায় হিসাবে উহা চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত ক্রোমিয়াম এবং আয়রণের মধ্যবর্তী স্থান অধিকার করিয়া আছে। সুতরাং ইহা সন্ধিগত মৌলগোষ্ঠির অন্তর্ভুক্ত।

(ক) রেনিয়ামের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজের বেশ সাদৃশ্য পরিদৃষ্ট হয়। উহাদের অক্সাইড এবং ক্লোরাইড একই রকমের এবং উহাদের ধর্মও সদৃশ।



$Re_2O_7$ $ReO_3$ $ReO_2$ $ReCl_3$

$Mn_2O_7$ $MnO_3$ $MnO_2$ $MnCl_3$

আবার, উভয়েরই পার-অ্যাসিড একই রকমের, $HReO_4$, $HMnO_4$। এই যৌগতে Mn-এর জারণ-অঙ্কও সাত। সুতরাং সপ্তম শ্রেণীতে রেনিয়ামের সঙ্গে এক গোষ্ঠিতে ম্যাঙ্গানিজের স্থান পাওয়া অনুচিত নহে।

(খ) উপশ্রেণী B-এর হ্যালোজেনের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজের সাদৃশ্য খুব বেশী নাই। হ্যালোজেনগুলি বিশিষ্ট অধাতু আর ম্যাঙ্গানিজ ধাতব মৌল। কিন্তু কোন কোন যৌগের ক্ষেত্রে মিল দেখা যায়। যেমন, উভয়েরই উচ্চতর অক্সাইড একই রকম, উদ্বায়ী এবং বিস্ফোরণশীল, $Cl_2O_7$, $Mn_2O_7$। পারক্লোরেট এবং পারম্যাঙ্গানেটের মধ্যে সমাকৃতিত্ব

দেখা যায়, $KClO_4$, $KMnO_4$। আবার, $AgMnO_4$ এবং $AgClO_4$ উভয়েই জলে সামান্য দ্রবণীয়। এই সকল সাদৃশ্য হ্যালোজেনের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজের এক শ্রেণীতে স্থান পাওয়া সমর্থন করে।

(গ) ম্যাঙ্গানিজের একাধিক যোজ্যতা, বর্ণাঢ্য যৌগ গঠন, জটিল-লবণ সৃষ্টির প্রবণতা প্রভৃতি উহার সন্নিগত মৌলগোষ্ঠিতে স্থান পাওয়া অবশ্যই সমর্থন। ইহা ছাড়া, একই পর্যায়ে উহার পূর্ববর্তী মৌল ক্রোমিয়াম এবং পরবর্তী মৌল আয়রণের সঙ্গে উহার যথেষ্ট সাদৃশ্যও উল্লেখযোগ্য। উহারা একই রকমের সাধারণ লবণ এবং জটিল লবণ ত সৃষ্টি করেই, তদুপরি দ্বি-লবণও সৃষ্টি করে।

| | | |
|---|---|---|
| $CrCl_3$ | $K_4[Cr(CN)_6]$ | $K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$ |
| $MnCl_3$ | $K_4[Mn(CN)_6]$ | $K_2SO_4, MnSO_4, 6H_2O$ |
| $FeCl_3$ | $K_4[Fe(CN)_3]$ | $K_2SO_4, Fe(SO_4), 6H_2O$ |

উপরোক্ত বিভিন্ন কারণের জন্যই ম্যাঙ্গানিজের স্থান সপ্তম শ্রেণীতে দেওয়া সমীচীন হইয়াছে।

## ম্যাঙ্গানিজ

চিহ্ন Mn, ক্রমাঙ্ক 25, পাঃ গুরুত্ব 54.94, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$

ম্যাঙ্গানিজের প্রধান আকরিক পাইরোলুসাইট, $MnO_2$। ইহা ছাড়াও ম্যাঙ্গানিজের আরও আকরিক আছে, যথা,

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ব্রুনাইট, | $Mn_2O_3$ | হাসম্যানাইট, | $Mn_3O_4$ | অ্যালাব্যাণ্ডাইট, | MnS |
| ম্যাঙ্গানাইট, | $Mn_2O_3,H_2O$ | রোডোক্রোমাইট, | $MnCO_3$ | রোডোনাইট, | $MnSiO_3$ |

আমাদের দেশে প্রচুর ম্যাঙ্গানিজ খনিজ আছে, বিশেষতঃ পাইরোলুসাইট। নাগপুর, মহীশূর, বিহার-উড়িষ্যা অঞ্চলে ইহা প্রধানতঃ পাওয়া যায়।

**২১-২। ম্যাঙ্গানিজ ধাতু প্রস্তুতি।** নিঃসন্দেহে পাইরোলুসাইট ম্যাঙ্গানিজের প্রধান উৎস। খনিজটিতে অবশ্য যথেষ্ট আয়রণ-অক্সাইড, সিলিকা, অ্যালুমিনা মিশ্রিত থাকে। প্রথমে আকরিককে উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া শক্তিশালী চুম্বক সাহায্যে আয়রণ ও আয়রণ-অক্সাইডকে পৃথক করিয়া লওয়া হয়। তারপর 'থার্মিট পদ্ধতি' প্রয়োগ করা হয়। আকরিককে বিচূর্ণ অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে মিশাইয়া একটি অগ্নিসহমৃত্তিকার সচ্ছিদ্র খর্পরে লইয়া ফ্লুয়োরস্পার দ্বারা আবৃত করিয়া দেওয়া হয়। উপরের মধ্যভাগে অল্প $BaO_2$ (জারক দ্রব্য) ও অ্যালুমিনিয়ামের চূর্ণ রাখিয়া ম্যাগনেসিয়াম তারের সাহায্যে উহাকে জ্বালাইয়া দেওয়া হয়। উত্তপ্ত অ্যালমিনিয়াম বিস্ফোরণ সহ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে।



$$3MnO_2 + 4Al = 2Al_2O_3 + 3Mn$$

$Mn_3O_4$-কেও এইভাবে বিজারিত করা হয়।

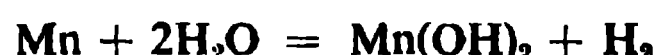


$$3Mn_3O_4 + 8Al = 4Al_2O_3 + 9Mn$$

উৎপন্ন ধাতু গলিত অবস্থায় খর্পরের নীচে জড় হয় এবং ছিদ্রপথে বাহির হইয়া আসে। এই ধাতু মোটামুটি বিশুদ্ধ।

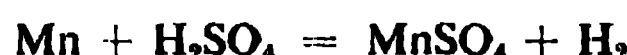
একেবারে বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ পাইতে হইলে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইডের ঘন দ্রবণকে মারকারি ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। পরে পারদকে শূন্যচাপে 250°C-এ পাতিত করিয়া অপসারিত করিলে বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ পাওয়া যায়।

**২১-৩। ম্যাঙ্গানিজের ধর্ম।** ম্যাঙ্গানিজ ধূসর আভাযুক্ত সাদা কঠিন ধাতু (ঘনত্ব, 7.2, গলনাঙ্ক, 1260°C)। বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ বেশ স্থায়ী, কিন্তু উহাতে মালিন্য মিশ্রিত থাকিলে (যেমন, কার্বন) উহার উপরে একটা অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে। বিশুদ্ধ ধাতু জলের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। কিন্তু অশুদ্ধিযুক্ত ধাতু ধীরে ধীরে, বিশেষতঃ $NH_4Cl$-এর উপস্থিতিতে, জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



$$Mn + 2H_2O = Mn(OH)_2 + H_2$$

হাইড্রোক্লোরিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডে ধাতুটি দ্রব হইয়া লবণ এবং হাইড্রোজেন দেয়।



$$Mn + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2$$

বিভিন্ন উচ্চ-উষ্ণতায় ম্যাঙ্গানিজ অক্সিজেন, সালফার, কার্বন (বিদ্যুৎ-চুল্লীতে), নাইট্রোজেন প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হয়। ফ্লুরিন এবং ক্লোরিনের সঙ্গেও সরাসরি যুক্ত হয়।



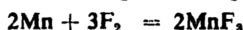
$$3Mn + 4O_2 = Mn_3O_4$$



$$Mn + Cl_2 = MnCl_2$$



$$Mn + S = MnS$$



$$2Mn + 3F_2 = 2MnF_3$$



$$3Mn + C = Mn_3C$$



$$3Mn + N_2 = Mn_3N_2$$

**ব্যবহার।** ম্যাঙ্গানিজের সর্বাধিক ব্যবহার ইস্পাতশিল্পে। ম্যাঙ্গানিজযুক্ত ইস্পাত খুব দৃঢ় এবং ঘাতসহ হয়। তদুপরি গলিত ইস্পাতে ম্যাঙ্গানিজ যোগ করিলে উহাতে কোন অক্সিজেন বা সালফার থাকিলে সেগুলি অপসারিত হয়।

(ক) ম্যাঙ্গানিজযুক্ত ইস্পাত তৈয়ারী করিতে ইস্পাতের সঙ্গে 'ফেরো-ম্যাঙ্গানিজ' (Mn 70%, Fe 30%) অথবা 'স্পাইজেলাইজেন' (Mn 20%, Fe 80%) মিশান হয়। ইহারা উভয়েই ম্যাঙ্গানিজ ধাতুর সংকর। অধিকাংশ উন্নত যন্ত্রপাতি তৈয়ারী করিতেই ম্যাঙ্গানিজযুক্ত স্টীল ব্যবহার হয়।

(খ) ম্যাঙ্গানিজ-স্টীল (Mn, 9 ~ 14%) খুব কঠোর। রেলের পাটি এবং ঘর্ষণ যন্ত্রে উহারা ব্যবহৃত হয়।

(গ) ম্যাঙ্গানিজ-ব্রোঞ্জ (Mn 2 ~ 4%, Cu 55 ~ 65%, Zn 30 ~ 40%, Fe 1 ~ 2%), খনিতে এবং সমুদ্রে ব্যবহার-উপযোগী যন্ত্রপাতি নির্মাণে প্রয়োগ করা হয়।

(ঘ) ম্যাঙ্গানিন (84% Cu, 12% Mn, 4% Ni), তড়িৎ-যন্ত্রে ব্যবহৃত হয়। আরও এইরূপ সংকর নানাবিধ কাজে লাগে।

## ম্যাঙ্গানিজের প্রধান কয়েকটি যৌগ

ম্যাঙ্গানিজের বিভিন্ন যৌগে উহার যোজ্যতা +2 হইতে +7 পর্যন্ত দেখা যায়। উহাদের মধ্যে দ্বি-, ষড়- এবং সপ্তযোজী যৌগসমূহের স্থায়িত্ব বেশী এবং উহাদের ভালভাবে

জানা আছে। জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার অপরাধর্মিতা বাড়িতে থাকে। ফলে, ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড ($MnO$) এবং ম্যাঙ্গানিক অক্সাইড ($Mn_2O_3$) ক্ষারীয় কিন্তু উচ্চতর অক্সাইড (যথা, $Mn_2O_7$) আম্লিক।

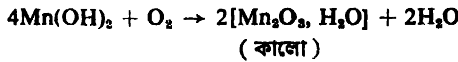
২১-৪। মাঙ্গানাস ($Mn^{2+}$) যৌগ। ম্যাঙ্গানিজের যৌগসমূহের মধ্যে Mn (II) যৌগগুলি প্রধান এবং বেশ স্থায়ী। উহাদের অনেকগুলিই বর্ণযুক্ত।

**ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড, $MnO$ এবং ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইড, $Mn(OH)_2$।** গাঢ় সবুজ বর্ণের ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড উহার উচ্চ অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া পাওয়া যাইবে। যেমন, হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা $MnO_2$-কে বিজারিত করিলে ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$MnO_2 + H_2 = MnO + H_2O$$

ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড মিশাইলে আঠাল সাদা ম্যাঙ্গানাস হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই হাইড্রক্সাইড উভধর্মী। ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইড উভয়েই অস্থায়ী। বাতাসে সহজেই জারিত হইয়া যায়।



$$4Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow \underset{\text{(কালো)}}{2[Mn_2O_3, H_2O]} + 2H_2O$$

**ম্যাঙ্গানাস হ্যালাইড, $MnX_2$, ($X$ = হ্যালোজেন)। ম্যাঙ্গানাস ফ্লুরাইড, $MnF_2$।** সদ্যঃ প্রস্তুত অ্যামোনিয়াম ম্যাঙ্গানিজ ফ্লুরাইডকে ($NH_4[MnF_3]$), $CO_2$-গ্যাসে 300°C-এ উত্তপ্ত করিলে ম্যাঙ্গানাস ফ্লুরাইড পাওয়া যায়।



$$MnCl_2 + 3NH_4F = 2NH_4Cl + NH_4[MnF_3] \; ; \; NH_4[MnF_3] = NH_4F + MnF_2$$

**ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড, $MnCl_2$।** ম্যাঙ্গানিজ ধাতুকে ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করিয়া অথবা ম্যাঙ্গানাস অক্সাইড কিংবা কার্বনেটকে শুষ্ক HCl-গ্যাসে তাপিত করিয়া অনার্দ্র ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড তৈয়ারী করা হয়।



$$Mn + Cl_2 = MnCl_2 \quad ; \quad MnCO_3 + 2HCl = MnCl_2 + CO_2 + H_2O$$

কিন্তু সচরাচর ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডের সোদক স্ফটিক পাইরোলুসাইটকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ফুটাইয়া তৈয়ারী করা হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

ফুটাইয়া ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিতাড়িত করিয়া দেওয়া হয়। তারপর দ্রবণ হইতে সাধারণ উষ্ণতায় ঈষৎ-বেগুনী রংয়ের $MnCl_2, 4H_2O$ কেলাসিত হইয়া আসে।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডসহ উত্তপ্ত করিলেও ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$3MnO_2 + 6NH_4Cl = 3MnCl_2 + 4NH_3 + N_2 + 6H_2O$$

সোদক ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে ধীরে ধীরে উহার জলের অণু বিভিন্ন

উষ্ণতায় অপসারিত হইতে থাকে এবং শেষ পর্যন্ত অনার্দ্র গোলাপী লাল কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়।



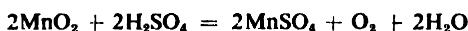
$$MnCl_2, 4H_2O \xrightarrow{58^\circ C} MnCl_2, 2H_2O \xrightarrow{198^\circ C} MnCl_2$$

বুনসেন দীপ-শিখায় ইহা সবুজ বর্ণের সৃষ্টি করে।

ম্যাঙ্গানাস ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড একই উপায়ে প্রস্তুত করা যায় এবং উহাদের ধর্মও অনুরূপ।

**ম্যাঙ্গানাস সালফাইড, MnS।** কোন ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফাইড অথবা ক্ষারধাতুর সালফাইড যোগ করিলে ঈষৎ-বেগুনী রংয়ের MnS অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা লঘু অ্যাসিডে দ্রাব্য, এমন কি অ্যাসেটিক অ্যাসিডেও দ্রবণীয়। এই সালফাইড অস্থায়ী, বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা জারিত হইয়া যায় এবং বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

**ম্যাঙ্গানাস সালফেট, $MnSO_4$।** পাইরোলুসাইট খনিজকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-সহ ফুটাইলে ম্যাঙ্গানাস সালফেট পাওয়া যায়। খনিজের আয়রণ অক্সাইডও উহার সালফেটে পরিণত হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে শুষ্ক করিয়া, কঠিন অবশেষকে উত্তপ্ত করিলে, ফেরিক সালফেট বিভাজিত হইয়া যায়। অবশেষকে এখন জলদ্বারা অপক্ষালিত করিলে ম্যাঙ্গানাস সালফেট দ্রবিত হইয়া আসে।



$$2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + O_2 + 2H_2O$$

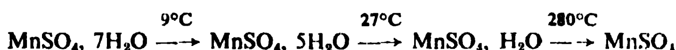


$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$



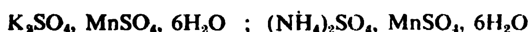
$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$$

এই দ্রবণকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ম্যাঙ্গানাস সালফেটের স্ফটিক কেলাসিত হয়। বিভিন্ন উষ্ণতায় কেলাসে বিভিন্ন পরিমাণ জল থাকে। উত্তাপে ধীরে ধীরে উহার জল উদ্বায়িত হইয়া যায় এবং 280°C-এ অনার্দ্র $MnSO_4$ পাওয়া যায়।



$$MnSO_4, 7H_2O \xrightarrow{9^\circ C} MnSO_4, 5H_2O \xrightarrow{27^\circ C} MnSO_4, H_2O \xrightarrow{280^\circ C} MnSO_4$$

ম্যাঙ্গানাস সালফেট বিভিন্ন দ্বি-লবণ গঠন করে; যথা,



$$K_2SO_4, MnSO_4, 6H_2O \;;\; (NH_4)_2SO_4, MnSO_4, 6H_2O$$

**ম্যাঙ্গানাস নাইট্রেট, $Mn(NO_3)_2, 6H_2O$।** ম্যাঙ্গানাস কার্বনেটকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া, দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করিলে, ম্যাঙ্গানাস নাইট্রেটের ঈষৎ-বেগুনী স্ফটিক কেলাসিত হয়। এই স্ফটিক উদ্‌গ্রাহী এবং জল ও কোহলে দ্রবণীয়। উত্তাপ প্রয়োগে উহার জল উবিয়া যায়, এবং উহার বিভাজন হয়; ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 + 2NO_2$$

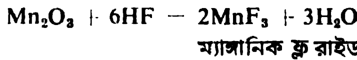
ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে $CO_2$-গ্যাসের প্রবাহ পাঠাইয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দিলে ম্যাঙ্গানাস কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। অন্যান্য ম্যাঙ্গানাস লবণ, যথা বোরেট, ফস্‌ফেট, অক্সালেট ইত্যাদি সোডিয়ামের উল্লিখিত অ্যানায়নযুক্ত লবণদ্বারা ম্যাঙ্গানাস সালফেট লবণ হইতে প্রস্তুত করা হয়।

ম্যাঙ্গানাস আয়নের $(Mn^{++})$ জটিল-যৌগও যথেষ্ট জানা আছে। এমন কি সাধারণ

সোদক লবণগুলিতেও, (যথা, $MnSO_4, 7H_2O$ ; $Mn(ClO_4)_2, 6H_2O$ প্রভৃতি) $[Mn(H_2O)_6]^{++}$ আয়ন বর্তমান। ইহা ছাড়া, $[Mn(NH_3)_6]^{++}$ আয়নও হয়। $K_4[Mn(CN)_6]$, $Na_1[Mn(SCN)_6]$ প্রভৃতি জটিল-যৌগও উল্লেখযোগ্য।

২১-৫। **ম্যাঙ্গানিক যৌগ : $[Mn^{3+}]$।** ইহা ম্যাঙ্গানিজের একটি অস্থায়ী জারণ-অবস্থা। ম্যাঙ্গানিক যৌগদের মধ্যে প্রধান হইল, ম্যাঙ্গানিক অক্সাইড।

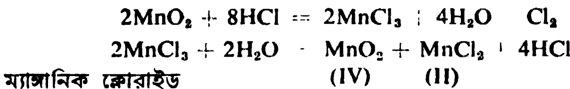
**ম্যাঙ্গানিক অক্সাইড, $Mn_2O_3$।** পাইরোলুসাইটকে দীর্ঘকাল লোহিততপ্ত অবস্থায় রাখিলে (900°C) কালো অনিয়তাকার ম্যাঙ্গানিক অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহার সংরচনা $O{=}Mn{-}O{-}Mn{=}O$। ইহা একটি ক্ষারীয় অক্সাইড এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে লবণ উৎপাদন করে, যেমন, $MnF_3$, $Mn_2(SO_4)_3$, . . .।



$$Mn_2O_3 + 6HF = 2MnF_3 + 3H_2O$$
ম্যাঙ্গানিক ফ্লুরাইড

ম্যাঙ্গানিক লবণগুলি খুবই অস্থায়ী। এই সকল লবণ জলে দ্রবিত হইলেই উহাদের অসম-বিভাজন (disproportionation) ঘটে; ম্যাঙ্গানাস ও চতুর্যোজী ম্যাঙ্গানিক লবণে পরিণত হয়।

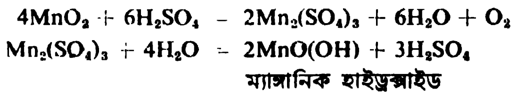
শীতল অবস্থায়,



$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2$$
$$2MnCl_3 + 2H_2O = MnO_2 + MnCl_2 + 4HCl$$
ম্যাঙ্গানিক ক্লোরাইড (IV) (II)

অনুরূপ ভাবে, $Mn_2O_3 + 2HNO_3 = MnO_2 + Mn(NO_3)_2 + H_2O$

মাঙ্গানিক সালফেটও জলে আদ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$4MnO_2 + 6H_2SO_4 = 2Mn_2(SO_4)_3 + 6H_2O + O_2$$
$$Mn_2(SO_4)_3 + 4H_2O = 2MnO(OH) + 3H_2SO_4$$
ম্যাঙ্গানিক হাইড্রক্সাইড

কিন্তু ত্রিযোজী ম্যাঙ্গানিক আয়ন জটিল-যৌগে কিন্তু বেশ স্থায়িত্ব লাভ করে। গাঢ় লাল $Na_2[MnF_5]$, $(NH_4)_2[MnF_5]$, প্রভৃতি বেশ স্থায়ী যৌগ।

ইহা ছাড়া, ম্যাঙ্গানিক সালফেট অ্যালাম-জাতীয় দ্বিলবণ সৃষ্টি করে; যথা, $Cs_2SO_4, Mn_2(SO_4)_3, 24H_2O$।

**ম্যাঙ্গানো-ম্যাঙ্গানিক অক্সাইড, $Mn_3O_4$।** ইহা ম্যাঙ্গানিজের একটি মিশ্র অক্সাইড $(\overset{II}{MnO} + \overset{III}{Mn_2O_3})$। খুব সম্ভবতঃ ইহা ম্যাঙ্গানাস ম্যাঙ্গানাইট জটিল-যৌগ, $Mn(MnO_2)_2$। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে বাতাসের অবর্তমানে তাপিত করিলে ইহার উদ্ভব হয়।



$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

এই অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে ফুটাইলে উহার অসম-বিভাজন ঘটে, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Mn_3O_4 + 4HNO_3 = 2Mn(NO_3)_2 + MnO_2 + 2H_2O$$

IV

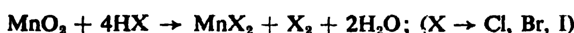
২১-৬। চতুর্যোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn) যৌগ। +4 জারণ-অবস্থায় ম্যাঙ্গানিজের প্রধান যৌগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, $MnO_2$। উহাকে প্রকৃতিতে পাইরোলুসাইটরূপে পাওয়া যায়। ইহা ম্যাঙ্গানিজের উচ্চতর জারণ-অবস্থা (+ 7 বা + 6) হইতে বিজারিত করিয়া অথবা নিম্নতর জারণ-অবস্থা (+ 2 বা + 3) হইতে জারিত করিয়া পাওয়া যাইতে পারে। খুবই বিশুদ্ধ $MnO_2$ পাইতে হইলে ম্যাঙ্গানাস নাইট্রেটকে বাতাসে উত্তপ্ত করা হয়।



$$Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 + 2NO_2$$

তবে তীব্র উত্তাপ দিলে $MnO_2$, অক্সিজেন ত্যাগ করে এবং $Mn_2O_3$, $Mn_3O_4$ ও $MnO$ উৎপন্ন করিয়া থাকে।

**ধর্ম।** ইহা কালো রংয়ের পাউডার, জলে প্রায় অদ্রাব্য। আম্লিক দ্রবণে ইহা একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য; হ্যালোজেন অ্যাসিড হইতে হ্যালোজেন উৎপাদন করে।

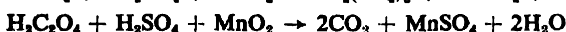


$$MnO_2 + 4HX \rightarrow MnX_2 + X_2 + 2H_2O;\ (X \rightarrow Cl, Br, I)$$

লঘু অ্যাসিড দ্রবণে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহও উহাকে জারক দ্রব্য হিসাবে প্রমাণ করিয়া থাকে। যেমন,



$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 2H_2O$$

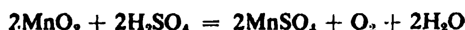


$$H_2C_2O_4 + H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow 2CO_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$



$$H_2O_2 + H_2SO_4 + MnO_2 \rightarrow MnSO_4 + 2H_2O + O_2$$

উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে $MnO_2$ দ্রবীভূত হইয়া $MnSO_4$ গঠন করে ও $O_2$ উৎপন্ন করে।



$$2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + O_2 + 2H_2O$$

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ক্ষীণ আম্লিকগুণ আছে। তীব্র ক্ষারক, যেমন, CaO-এর সঙ্গে উহা ম্যাঙ্গানাইট গঠন করে।



$$CaO + MnO_2 = CaMnO_3$$

আবার, উহা গাঢ় অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়াও লবণ উৎপাদন করে এবং ক্ষারীয় অক্সাইডের অনুরূপ ব্যবহার করে;



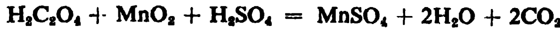
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$$

বস্তুতঃ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে উভধর্মী অক্সাইড মনে করা যাইতে পারে।

**ব্যবহার।** ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ব্যবহার জানা আছে। ইহা অনুঘটকরূপে অক্সিজেন ও ক্লোরিন (ওয়েলডন প্রণালীতে) প্রস্তুতিতে, ছদক নিবারক-রূপে লেক্লান্সসেলে, শক্তিশালী জারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা কাচের বিরঞ্জক রূপে বহুকাল হইতে ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে। এতভিন্ন ম্যাঙ্গানেট, পার-ম্যাঙ্গানেট ও অন্যান্য ম্যাঙ্গানিজ-যৌগ উৎপাদনে ইহাকে ব্যবহার করা হয়।

**পাইরোলুসাইটের মূল্যায়ন।** সমস্ত ম্যাঙ্গানিজ যৌগ প্রস্তুত করার আদি উৎস পাইরোলু-সাইট এবং ইস্পাত-শিল্পে উহা অপরিহার্য। সুতরাং উহার শিল্প-চাহিদা যথেষ্ট। পাই-রোলুসাইটের মূল্য উহার অক্সিজেন প্রদান ক্ষমতা দ্বারা নির্ধারিত হয়। নিম্নলিখিত উপায়ে এই মূল্য নির্ণীত হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ বিচূর্ণ পাইরোলুসাইট লইয়া উহার সঙ্গে 50 c.c. অক্সালিক অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ এবং নাতিগাঢ় $H_2SO_4$ (1 : 1) মিশান হয়। মিশ্রণটিকে জলগাহে উত্তপ্ত করিলে, অক্সালিক অ্যাসিড জারিত হইয়া যায়।



$$H_2C_2O_4 + MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

সম্পূর্ণ পাইরোলুসাইট দ্রব হইয়া গেলে, দ্রবণের অতিরিক্ত অক্সালিক অ্যাসিডটুকু একটি প্রমাণ $KMnO_4$ দ্রবণ-দ্বারা টাইট্রেশন করিয়া লওয়া হয়। সুতরাং কতখানি অক্সালিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়াছে জানা যায়। অতএব উপরের সমীকরণ হইতে পাইরোল-সাইটে $MnO_2$-এর অনুপাত জানা সম্ভব।

ম্যাঙ্গানিজের অন্যান্য চতুর্যোজী লবণ খুবই অস্থায়ী এবং উহাদের পৃথক করা সম্ভব হয় নাই। **ম্যাঙ্গানিজ টেট্রাক্লোরাইড, $MnCl_4$:** শীতল গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে $MnO_2$ দিলে একটি অত্যন্ত গাঢ় বাদামী রংয়ের দ্রবণ পাওয়া যায়; উহাতে $MnCl_4$ আছে মনে হয়। উহাকে পৃথক করা সম্ভব নয়, একটু উষ্ণ হইলেই উহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং $Cl_2$-গ্যাস নির্গত হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O \quad ; \quad MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$$

সম্ভবতঃ ঐ দ্রবণে $[MnCl_6]^{--}$ আছে। কারণ, গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডে $KMnO_4$ দ্রবণ লইয়া HCl-গ্যাস দিলে, অপেক্ষাকৃত স্থায়ী $K_2[MnCl_6]$-এর লাল স্ফটিক পাওয়া যায়।

গাঢ় $H_2SO_4$-এ ম্যাঙ্গানাস সালফেট দ্রবিত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে দ্রবণে **ম্যাঙ্গানিজ ডাইসালফেট,** $Mn(SO_4)_2$ উৎপন্ন হয়। উহাও খুবই অস্থায়ী এবং জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।

**পঞ্চযোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn) যৌগ।** সাধারণ অবস্থায় পাওয়া যায় না। উহার সামান্য কয়েকটি ক্ষারধাতুর হাইপো-ম্যাঙ্গানেট লবণ জানা গিয়াছে; যথা, $Na_3[MnO_4]$, $10H_2O$। ক্ষারীয় পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে $Na_2SO_3$ দ্বারা বিজারিত করিয়া উহা তৈয়ারী করা যায়।

VI

**২১-৭। ষড়্‌যোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn) যৌগ।** $Mn^{6+}$ ম্যাঙ্গানিজের একটি প্রধান যোজ্যতা হইলেও, উহার অনুবর্তী অক্সাইড, $MnO_3$ প্রস্তুত করা সম্ভব হয় নাই। কিন্তু জটিল লবণে ষড়্‌যোজী ম্যাঙ্গানিজের স্থায়িত্বের নিদর্শন পাওয়া যায়।

গাঢ় সবুজ রং-বিশিষ্ট ম্যাঙ্গানেটসমূহই $(MnO_4^{--})$ ষড়্‌যোজী ম্যাঙ্গানিজ যৌগের উদাহরণ। ইহাদের মধ্যে **পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেটই** উল্লেখযোগ্য। ইহার প্রস্তুতি ও ধর্ম আলোচনা করা হইল।

পাইরোলুসাইট হইতে ইহাকে প্রস্তুত করা যায়। এজন্য পাইরোলুসাইটকে উত্তমরূপে গুঁড়া করিয়া কস্টিক পটাস ও পটাসিয়াম ক্লোরেট অথবা নাইট্রেটের সহিত গলান হয়। বিক্রিয়ায় গাঢ় সবুজ বর্ণের পটাসিয়ামের ম্যাঙ্গানেট উৎপন্ন হয়।



$$3MnO_2 + 6KOH + KClO_3 = 3K_2MnO_4 + KCl + 3H_2O$$



$$MnO_2 + 2KOH + KNO_3 = K_2MnO_4 + H_2O + KNO_2$$

এখন উহাকে অল্প জলে দ্রবীভূত করিয়া পরে উহা হইতে শোষকাধারে শূন্য চাপে পটা-সিয়াম ম্যাঙ্গানেট কেলাসিত করা হয়।

লোহিততপ্ত অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে উহা ম্যাঙ্গানাইট ও অক্সিজেনে বিযোজিত হইয়া যায়।



$$2K_2MnO_4 \rightarrow 2K_2MO_3 + O_2$$

ক্ষারের উপস্থিতিতে ম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ স্থায়ী হয়। দ্রবণটি আম্লিক করিলে, $CO_2$ অথবা অধিক পরিমাণ জলের উপস্থিতিতে ইহা পারম্যাঙ্গানেটে পরিবর্তিত হইয়া যায়। এই সব ক্ষেত্রে ষড়যোজী ম্যাঙ্গানিজের অসম-বিভজনে চতুর্যোজী এবং সপ্তযোজী ম্যাঙ্গানিজে পরিবর্তন ঘটে।



$$3K_2MnO_4 + 2H_2O \rightarrow 2KMnO_4 + 4KOH + MnO_2$$



$$3K_2MnO_4 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2KMnO_4 + 2K_2SO_4 + MnO_2 + 2H_2O$$



$$3K_2MnO_4 + 2CO_2 \rightarrow 2KMnO_4 + 2K_2CO_3 + MnO_2$$

ক্লোরিনের উপস্থিতিতেও পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট জারিত হইয়া পারম্যাঙ্গানেট উৎপন্ন করে।



$$2K_2MnO_4 + Cl_2 \rightarrow 2KMnO_4 + 2KCl$$

ইহা বীজঘ্ন হিসাবে ও জল বিশোধনে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

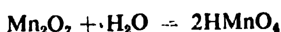
VII

**২১-৮। সপ্তযোজী ম্যাঙ্গানিজ (Mn) যৌগ।** **ম্যাঙ্গানিজ হেপ্টোক্সাইড, $Mn_2O_7$।** অত্যন্ত শীতল গাঢ় $H_2SO_4$-এ ক্রমাগত অল্প অল্প করিয়া $MnO_2$ চূর্ণ দিতে থাকিলে একটি ঘোর সবুজ বর্ণের তরল প্রস্তুত হয়। উহাতে কিছু বরফের গুঁড়া মিশাইয়া দিলে একটি সবুজাভ গাঢ় এবং ভারী তৈল বাহির হইয়া জলের নীচে জমা হয়। উহাই ম্যাঙ্গানিজ হেপ্টোক্সাইড (ঘনত্ব 2.4, গলনাঙ্ক 5.9°C)।



$$2KMnO_4 + 2H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Mn_2O_7 + H_2O$$

এই অক্সাইডটি বিস্ফোরক এবং অম্লজাতীয়। জলে দ্রবিত হইয়া উহা পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিড দেয়। এই অ্যাসিড দ্রবণেই থাকে। বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না।

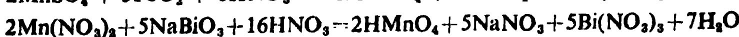


$$Mn_2O_7 + H_2O = 2HMnO_4$$

ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণকে গাঢ় $HNO_3$ এবং উহার সঙ্গে $PbO_2$ অথবা সোডিয়াম বিসমিউথেট দিয়া উত্তপ্ত করিলেও পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিড-দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$2MnSO_4 + 5PbO_2 + 6HNO_3 = 2HMnO_4 + 2PbSO_4 + 3Pb(NO_3)_2 + 2H_2O$$

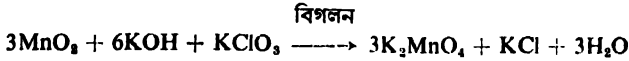


$$2Mn(NO_3)_2 + 5NaBiO_3 + 16HNO_3 = 2HMnO_4 + 5NaNO_3 + 5Bi(NO_3)_3 + 7H_2O$$

কিন্তু পারম্যাঙ্গানেট লবণগুলি যথেষ্ট স্থায়ী, বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য এবং বহুল ব্যবহৃত।

**পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, $KMnO_4$।** **প্রস্তুতি:** সচরাচর ম্যাঙ্গানেট লবণকে জারিত করিয়া পারম্যাঙ্গানেট তৈয়ারী করা হয়। পূর্বেই বলা হইয়াছে, পাইরোলুসাইটকে $KNO_3$-দ্বারা ক্ষারসংদ্রবে গলাইয়া সবুজ পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট পাওয়া যায়। ক্ষারীয় দ্রবণে ম্যাঙ্গানেট স্থায়ী, কিন্তু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে উহা জারিত হইয়া যায়। এমন কি জলেও উহা ধীরে ধীরে পারম্যাঙ্গানেটে পরিণত হইতে থাকে। সাধারণতঃ ল্যাবরেটরীতে $Cl_2$ অথবা $CO_2$-সাহায্যে ম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে জারিত করা হয়। কখনও কখনও, $PbO_2$, $HNO_3$, বিসমিউথেট প্রভৃতিও জারকরূপে প্রয়োগ করা হয়।

সুতরাং পাইরোলসাইট হইতে নিম্নোক্ত প্রক্রিয়ার সাহায্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট প্রস্তুত করা যায়;

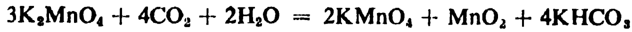


$$3MnO_2 + 6KOH + KClO_3 \xrightarrow{\text{বিগলন}} 3K_2MnO_4 + KCl + 3H_2O$$



$$2K_2MnO_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{জারণ}} 2KMnO_4 + 2KCl$$

দ্রবণটি গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে পটাসপারম্যাঙ্গানেটে কেলাসিত হয়।

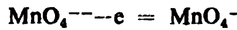


$$3K_2MnO_4 + 4CO_2 + 2H_2O = 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KHCO_3$$



$$3K_2MnO_4 + 2H_2O = 2KMnO_4 + 4KOH + MnO_2$$

শিল্প-পদ্ধতিতে ম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে তড়িৎ-জারণ দ্বারা পারম্যাঙ্গানেটে পরিণত করা হয়।



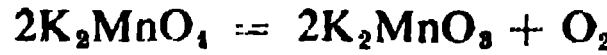
$$MnO_4^{--} - e = MnO_4^-$$

ধর্ম। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট গাঢ় বেগুনী প্রায় কালো রংয়ের স্ফটিকাকার পদার্থ। জলে যথেষ্ট দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ সর্বদাই বেগুনী। বস্তুতঃ $MnO_4$-আয়নের বর্ণ বেগুনী। উত্তপ্ত করিলে কঠিন পটাস পারম্যাঙ্গানেট ভাঙ্গিয়া যায়। উহা হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়।



$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

লোহিত-তাপে ম্যাঙ্গানেটও আবার বিভাজিত হয় এবং ম্যাঙ্গানাইটে পরিণত হয়।



$$2K_2MnO_4 = 2K_2MnO_3 + O_2$$

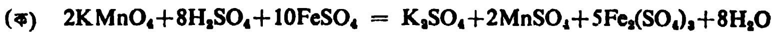
পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এক শক্তিশালী জারক-দ্রব্য। আম্লিক এবং ক্ষারীয় দ্রবণে অবশ্য এই জারণ-পদ্ধতি বিভিন্ন।

আম্লিক দ্রবণে ঃ



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O + 5[O]$$

অম্লদ্রবণে এই উদ্ভূত অক্সিজেনই পরোক্ষে জারণ-কার্য সম্পন্ন করে। ফেরাস লবণ, পটাস আয়োডাইড, অক্সালিক অ্যাসিড, সালফাইট ইত্যাদি অম্লদ্রবণে জারিত হইয়া যায়। পারম্যাঙ্গানেট (Mn-VII) ম্যাঙ্গানাস (Mn-II) স্তরে পরিণত হয়। এই জারণগুলি মাত্রিক দিক হইতে সম্পূর্ণ, সুতরাং এই বিক্রিয়ার সাহায্যে উপরোক্ত বিজারক দ্রব্যগুলির পরিমাণও টাইট্রেশন করিয়া নিরূপণ করা অতি সহজ। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি নিম্নে দেওয়া হইল।



(ক) $2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10FeSO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 8H_2O$



(খ) $2KMnO_4 + 8H_2SO_4 + 10KI = 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5I_2 + 8H_2O$



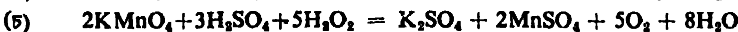
(গ) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$



(ঘ) $2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$



(ঙ) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5KNO_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5KNO_3 + 3H_2O$



(চ) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5O_2 + 8H_2O$

কঠিন পটাস-পারম্যাঙ্গানেট গাঢ় HCl সহ উষ্ণ করিলে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় :

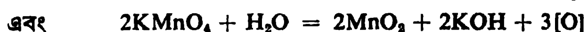


$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

**ক্ষার দ্রবণে ঃ** তীব্র ক্ষার-দ্রবণে পটাস-পারম্যাঙ্গানেট পটাস-ম্যাঙ্গানেটে পরিণত হয়। কিন্তু প্রশম দ্রবণে বা লঘু ক্ষারীয় দ্রবণে পটাস-পারম্যাঙ্গানেট একেবারে $MnO_2$-এ পরিণত হয়।



$$2KMnO_4 + 2KOH = 2K_2MnO_4 + H_2O + [O]$$



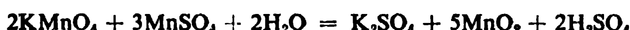
এবং $$2KMnO_4 + H_2O = 2MnO_2 + 2KOH + 3[O]$$

উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, ক্ষারীয় পটাস-আয়োডাইড দ্রবণ পটাস-পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা আয়োডেট লবণে পরিণত হয়।



$$2KMnO_4 + H_2O + KI = 2MnO_2 + 2KOH + KIO_3$$

প্রশম-দ্রবণে ম্যাঙ্গানাস সালফেট পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা জারিত হয়। বিক্রিয়াকালে জিঙ্ক অক্সাইড ও জিঙ্ক সালফেট থাকিলে, জিঙ্ক পারম্যাঙ্গানাইট তৈয়ারী হয়।



$$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = K_2SO_4 + 5MnO_2 + 2H_2SO_4$$



$$ZnO + 2MnO_2 = Zn[Mn_2O_5]$$

এই শেষোক্ত বিক্রিয়াটির নাম, 'ভোলার্ড বিক্রিয়া'। ইহার সাহায্যে ম্যাঙ্গানাস লবণের পরিমাণ নির্ণয় সম্ভব।

উপরে বর্ণিত জারণ-ক্রিয়াসমূহ অর্ধ-সমীকরণ সাহায্যে অথবা আয়ন-ইলেকট্রন সাহায্যেও লেখা যায়। পূর্বে উহার বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে (অনুচ্ছেদ ৬-৪)।

**ব্যবহার।** (১) জারক-দ্রব্য হিসাবেই পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ব্যবহার উল্লেখযোগ্য। এই ধর্মের উপর নির্ভর করিয়া বিভিন্ন বিজারক দ্রব্যের নাইট্রাইট, ফেরাস লবণ, অক্সালেট ইত্যাদি সনাক্তকরণ ও পরিমাণ-নিরূপণ করা হইয়াও থাকে। পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেটের লঘু ক্ষারীয় দ্রবণ (বায়ার বিকারক) জৈব-যৌগের দ্বি-বন্ধ নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।

(২) বীজঘ্ন হিসাবে ইহা বহুল ব্যবহৃত হয়।

(৩) জলের জীবাণুনাশ করিতে এবং উল, তুলা, সিল্কের বিরঞ্জনে ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

(৪) স্যাকারিন, বেনজয়িক অ্যাসিড, প্রভৃতির প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

**ম্যাঙ্গানিজ লবণের পরীক্ষা ও নিরূপণ।** ম্যাঙ্গানিজ লবণকে খুব সহজ উপায়ে সনাক্ত-করা যাইতে পারে। এই লবণকে $Na_2CO_3$ ও $KNO_3$-এর মিশ্রণের দ্বারা বিগলিত করিলে সবুজ রংয়ের পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাকে আবার নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থি-তিতে লেড পার-অক্সাইড অথবা সোডিয়াম বিসমাথেট দ্বারা বিক্রিয়া করাইলে বেগুনী রং-যুক্ত পারম্যাঙ্গানেট উৎপন্ন হয়।

ম্যাঙ্গানিজ লবণে উহার পরিমাণ নিরূপণ করিতে হইলে প্রথমে উহাকে ম্যাঙ্গানিজ অ্যামোনিয়াম ফসফেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত ($MnNH_4PO_4$, $H_2O$) করা হয় এর পর উহাকে পোড়াইয়া ম্যাঙ্গানিজ পাইরোফসফেট ($Mn_2P_2O_7$) পাওয়া যায়। উহার ওজন নির্ণয় করিয়া ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ নির্ধারিত করা হয়। আয়তনিক পরিমাণ নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমে ম্যাঙ্গানিজ লবণকে পারম্যাঙ্গানেটে পরিবর্তিত করা হয়। উহাতে জ্ঞাত শক্তির অতিরিক্ত ম্যর লবণ (Mohr's salt) যোগ করা হয়। যে ম্যর লবণ বিক্রিয়া করে না, উহাকে প্রমাণ $KMnO_4$ দ্বারা পুনঃ টাইট্রেশন করিয়া লওয়া হয়।

## অনুশীলনী

১। পর্যায় সারণীতে ম্যাঙ্গানিজের স্থান আলোচনা কর। আকরিক হইতে ধাতুটি কিরূপে নিষ্কাশিত করা হয়? ইহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

২। পাইরোলুসাইট হইতে কিরূপে পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ধাতব ম্যাঙ্গানিজ ও ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড প্রস্তুত করিবে?

৩। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

৪। পাইরোলুসাইট খনিজ হইতে কিরূপে (ক) ধাতব ম্যাঙ্গানিজ (খ) বিশুদ্ধ $MnO_2$ এবং (গ) ম্যাঙ্গানিক অ্যালাম তৈয়ারী হয়?

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অ্যাসিড-দ্রবণের সঙ্গে অক্সালিক অ্যাসিড, পটাস আয়োডাইড এবং সোডিয়াম আর্সেনাইটের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ।

৫। পাইরোলুসাইট হইতে কিভাবে কেলাসিত পটাস পারমাঙ্গানেট পাওয়া যায়? উহার সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণের সঙ্গে (ক) $Fe^{++}$ (খ) $H_2O_2$ এবং (গ) উষ্ণ অক্সালিক অ্যাসিড-দ্রবণের কি বিক্রিয়া লিখ।

পরিচ্ছেদ ২২

# সপ্তম শ্রেণীর মৌল

## B-উপশ্রেণী—হ্যালোজেন গোষ্ঠী

সপ্তদশ শতাব্দীতে গ্লবার সমুদ্রজাত লবণ [ সোডিয়াম ক্লোরাইড ] ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাতিত করিয়া একটি গ্যাস প্রস্তুত করেন। উহাকে তখন 'লবণের স্পিরিট বা গ্যাস' বলা হইত। 1772 সালে প্রিস্টলী লক্ষ্য করেন যে এই গ্যাসটি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং দ্রবণটি অম্লাত্মক। ইহার নামকরণ করা হয়, "মিউরিয়াটিক অ্যাসিড"। অম্লত্ব হেতু ল্যাভয়সিয়র গ্যাসটিকে কোন অধাতুর অক্সাইড বলিয়া মনে করিতেন। শীলে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত এই মিউরিয়াটিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া একটি হরিতাভ গ্যাস পান। ইহার নামকরণ হয় অক্সি-মিউরিয়াটিক অ্যাসিড। বস্তুতঃ ইহাই ক্লোরিন। ডেভি এই গ্যাসটির সম্যক পরীক্ষা করেন এবং দেখেন উহাতে অক্সিজেন নাই। তিনিই প্রথম প্রমাণ করেন যে, এই তথাকথিত অক্সিমিউরিয়াটিক অ্যাসিড একটি মৌলিক পদার্থ। গ্রীক্ chloros শব্দের অর্থ হরিতাভ। এইজন্য তিনি এই গ্যাসীয় মৌলের নাম দেন—ক্লোরিন। মিউরিয়াটিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

ক্লোরিন সমুদ্রের লবণ হইতে প্রথম পাওয়া যায়। গ্রীক ভাষায় hals অর্থে সামুদ্রিক লবণ বুঝায়, এবং যদ্দ্বারা সামুদ্রিক লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে হ্যালোজেন (halogen) বলা যাইতে পারে। অতএব ক্লোরিন একটি হ্যালোজেন। পরে আরও তিনটি মৌলিক পদার্থ আবিস্কৃত হয়,—ফ্লুরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন। ইহাদের ধর্ম ও প্রকৃতি ক্লোরিনের অনুরূপ। ইহাদের সোডিয়াম যৌগগুলিও সোডিয়াম ক্লোরাইড অর্থাৎ সামুদ্রিক লবণের মত ব্যবহার করে। তদুপরি ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণগুলি সমুদ্রেই পাওয়া যায়। সুতরাং অনুরূপধর্মী এই চারিটি মৌলকে একই পরিবারভুক্ত মনে করা যাইতে পারে এবং ইহারা হ্যালোজেন নামে অভিহিত হয়। হ্যালোজেন হইতে উৎপন্ন দ্বিযৌগিক পদার্থগুলিকে হ্যালাইড বলা হয়।

### ফ্লুরিন

*চিহ্ন* F, ক্রমাঙ্ক 9, পাঃ গুরুত্ব 19.00, ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^5$

**২২-১। ফ্লুরিন।** সমস্ত মৌলের ভিতর ফ্লুরিন সর্বাধিক সক্রিয়, প্রায় সমস্ত পদার্থের সহিত ক্রিয়াশীল বলিয়া উহাকে মৌল অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া আদৌ সম্ভব নয়। বিভিন্ন যৌগরূপে ফ্লুরিন পাওয়া যায়, তন্মধ্যে তিনটি খনিজ বিশেষ উল্লেখযোগ্য :

১। ফ্লুয়োরস্পার (Fluorspar), $CaF_2$

২। ফ্লুয়োর-অ্যাপেটাইট (Fluor-Apatite), $CaF_2, 3Ca_3(PO_4)_2$

৩। ক্রায়োলাইট (Cryolite), $Na_3AlF_6$

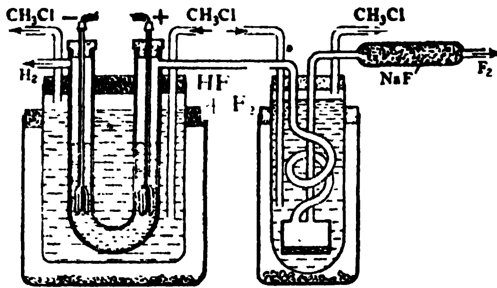
কোন কোন গাছে এবং জন্তুর দাঁতে ও হাড়ে স্বল্প পরিমাণ ফ্লুরাইড থাকে।

1771 খ্রীষ্টাব্দে শীলে প্রথমে ফ্লুয়োরস্পার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটাইয়া হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। ডেভিই প্রমাণ করেন যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

মত হাইড্রোক্লুরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ও একটি অজ্ঞাত মৌল ফ্লুরিনের যৌগিক পদার্থ। কিন্তু ডেভি উহা হইতে ফ্লুরিন মৌলটি পৃথক করিতে সমর্থ হন নাই। পরবর্তী বিজ্ঞানী-দের ফ্লুরিন আবিষ্কার করার সমস্ত চেষ্টাই বিফলতায় পর্যবসিত হয়। তাহার কারণ, ফ্লুরিন এত সক্রিয় যে উহা উৎপন্ন হইলেও জল বা যে পাত্রে উহা উৎপন্ন হয় তাহারই সহিত বিক্রিয়া করিয়া যৌগে পরিণত হয়। বিদ্যুৎবিশ্লেষণের দ্বারা যৌগ হইতে মৌল প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি আছে। কিন্তু এই প্রক্রিয়াতেও হাইড্রোক্লুরিক অ্যাসিড হইতে ফ্লুরিন পাওয়া সম্ভব হয় নাই। ইহার জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। আর অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড আদৌ বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়, উপরন্তু উহা অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং বিষাক্ত।

গোর (Gore) প্রথমে দেখান যে অনার্দ্র হাইড্রোক্লুরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রো-জেনফ্লুরাইড ($KHF_2$) দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণটি বিদ্যুৎ-পরিবাহী। প্লাটি-নাম-ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতুর পাত্রে উক্ত দ্রবণকে বিদ্যুৎ-বিশ্লেষিত করিয়া ময়সাঁ (Moissan) 1886 খ্রীষ্টাব্দে সর্বপ্রথম ফ্লুরিন আবিষ্কার করার কৃতিত্ব অর্জন করেন।

২২-২। **পরীক্ষা।** ময়সাঁর ফ্লুরিন প্রস্তুতির পরীক্ষাটি ইতিহাসপ্রসিদ্ধ। তিনি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম সঙ্কর ধাতুর একটি U-নলে এই পরীক্ষাটি সম্পন্ন করেন। U-নলটির দুইটি মুখ ফ্লুয়োরস্পার নির্মিত কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। এই কর্কের ভিতর দিয়া সেই একই সঙ্করধাতুর দুইটি তড়িদ্দ্বার প্রবেশ করান হয়। তড়িদ্দ্বার দুইটির নীচের অংশ অনেকটা চ্যাপ্টা ছিল। কর্ক-দুইটির চারিদিকে উত্তমরূপে গালাদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে কোনরূপ ছিদ্র না থাকে। উৎপন্ন গ্যাস বাহির হওয়ার জন্য U-নলের দুই পাশে দুইটি সরু নির্গম-নল ছিল। একটি বড় পাত্রে এই U-নলটি তরল মিথাইল-ক্লোরাইডে (স্ফুটনাঙ্ক $= -23°C$) নিমজ্জিত করিয়া অত্যন্ত শীতল রাখা হয় (চিত্র ২২-ক), যাহাতে HF উবিয়া না যায়।

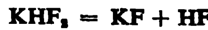



চিত্র ২২-ক। ফ্লুরিন প্রস্তুতি

পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড অনার্দ্র হাইড্রোক্লুরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া U-নলে লওয়া হয়। তড়িদ্দ্বার দুইটি ব্যাটারির সহিত সংযোগ করিয়া দিলেই তড়িৎ-বিশ্লেষণ সুরু হয় এবং অ্যানোডে ফ্লুরিন উৎপন্ন হয়। পার্শ্বস্থিত নল দিয়া ফ্লুরিন বাহির হইয়া আসে। এই ফ্লুরিনের সহিত হাইড্রোক্লুরিক অ্যাসিড অবশ্যই মিশ্রিত থাকে।

অতঃপর ইহা একটি প্লাটিনাম-নির্মিত সর্পিল শীতকনলে প্রবেশ করে। এই নলটিও মিথাইল-ক্লোরাইডে রাখা হয়। ইহাতে অধিকাংশ হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তরলিত হইয়া যায়। তৎপর গ্যাসটি শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুরাইড-পূর্ণ দুইটি প্লাটিনাম-বালবের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হয়। ফলে, গ্যাসটি HF হইতে মুক্ত হইয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা উহাকে প্লাটিনাম-পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

এই প্রক্রিয়ায় ফ্লুরিন উৎপাদন নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহের দ্বারা প্রকাশ করা যায়।


$$KHF_2 = KF + HF$$


$$KF \rightleftharpoons K^+ + F^-$$


ক্যাথোডে: $K^+ + e = K$

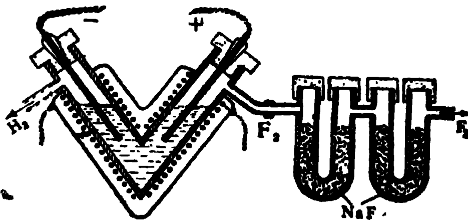

অ্যানোডে: $F^- = F + e$


$$K + HF = KF + H$$


$$F + F = F_2$$


$$H + H = H_2$$

ইদানীং ডেনিস, ভীভার প্রভৃতির হাতে ময়সাঁর পদ্ধতিটির কিছু সংস্কার সাধিত হইয়াছে। ইহারা কপার-নির্মিত V-আকৃতির নল ব্যবহার করিয়াছেন। নলের মুখ দুইটিও কপারের ঢাকনিদ্বারা বন্ধ। ইহাদের ভিতর দিয়া দুইটি গ্রাফাইটের তড়িদ্দ্বার ঢোকান হয় এবং জোড়ার চারিদিক সিমেন্ট দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। V-নলটি অ্যাসবেস্টসে মোড়া হয়। V-নলে পটাসিয়াম-হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড লওয়া হয় এবং নলটি উত্তপ্ত করিয়া গলিত অবস্থায় উহাকে রাখা হয়। গ্রাফাইট দুইটি ব্যাটারীর সঙ্গে সংযুক্ত করিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলেই তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে ফ্লুরিন উৎপন্ন হয়। সাধারণতঃ 12.0 ভোল্ট চাপে পাঁচ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়। কপারের সহিত ঐ ফ্লুরিনের বিক্রিয়ার ফলে প্রথমতঃ কপার-ফ্লুরাইডের একটি সর উহার উপরে পড়ে। ইহাতে কপার আর অধিক নষ্ট হইতে পারে না। উৎপন্ন ফ্লুরিন গ্যাস একটি পার্শ্ববর্তী নল দিয়া নির্গত হয়। তৎপর উহা কয়েকটি শুষ্ক সোডিয়াম-ফ্লুরাইড-পূর্ণ কপারের U-নল অতিক্রম করে। এইভাবে হাইড্রোফ্লুরিক-অ্যাসিড-মুক্ত ফ্লুরিন পাওয়া যায় (চিত্র ২২-খ)।




চিত্র ২২-খ। ফ্লুরিন-প্রস্তুতি

২২-৩। ফ্লুরিনের ধর্ম। ফ্লুরিন একটি তীব্র গন্ধযুক্ত ঈষৎ-পীত বর্ণের গ্যাস, স্ফুটনাঙ্ক, −187°C। গ্যাসটি তীব্র বিষ এবং বায়ু অপেক্ষা ভারী। ইহার অপরাবিদ্যুৎ-ধর্মিতা সর্বাধিক এবং সেই কারণেই ইহার রাসায়নিক সক্রিয়তাও খুব তীব্র। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ব্যতীত, অন্যান্য ধাতব এবং অধাতব মৌলের সঙ্গে ইহা প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হয়।

হাইড্রোজেনের সঙ্গে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় এবং আলোর অনুপস্থিতিতেও বিস্ফোরণসহ মিলিত হয়। এমন কি, ইহার হাইড্রোজেন-আসক্তি এত বেশী যে জল এবং অন্যান্য হাইড্রোজেন-যৌগ হইতে ইহা হাইড্রোজেনকে বিচ্ছিন্ন করিয়া HF উৎপাদন করে।



$$H_2 + F_2 = 2HF \qquad 2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$$
$$F_2 + 2HCl = 2HF + Cl_2 \qquad 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$$

হাইড্রোজেন-আসক্তিই উহার জারণ-ক্ষমতার হেতু।

অন্যান্য হ্যালাইড হইতে ফ্লুরিন হ্যালোজেন নিষ্কাশিত করে ও ফ্লুরাইড উৎপন্ন করে।

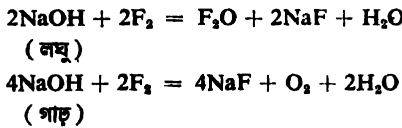


$$2KCl + F_2 = 2KF + Cl_2 \qquad 2KBr + F_2 = 2KF + Br_2$$

অধিকাংশ ধাতুই ইহার সংস্পর্শে ফ্লুরাইডে পরিণত হয়। গোল্ড, প্লাটিনাম ও কপারের ক্ষেত্রে একটু বেশী উষ্ণতা প্রয়োজন হয়। ফসফরাস, সালফার, আয়োডিন, ব্রোমিন, কার্বন, সিলিকন, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি ফ্লুরিন গ্যাসে জ্বলিয়া উঠে এবং স্ব স্ব ফ্লুরাইডে পরিণত হয়।

প্রায় সমস্ত জৈব-পদার্থই ফ্লুরিনে আক্রান্ত হইয়া $CF_4$, HF, প্রভৃতি উৎপাদন করে। কোহল, তার্পিন তেল প্রভৃতি উহার সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে।

লঘু কস্টিক সোডার সঙ্গে বিক্রিয়াতে ফ্লুরিন উহার অক্সাইডে পরিণত হয়। কিন্তু গাঢ় কস্টিক সোডার দ্রবণের সঙ্গে অক্সিজেন পাওয়া যায়।



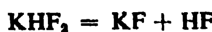
$$2NaOH + 2F_2 = F_2O + 2NaF + H_2O$$
(লঘু)
$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + O_2 + 2H_2O$$
(গাঢ়)

২২-৪। **হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড: হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড, HF।** সীসার বকযন্ত্রে ফ্লুয়োস্পারের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিয়া হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড তৈয়ারী করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসটিকে সীসার গ্রাহকে জলে শোষণ করিয়া লইলেই হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়। উহাকে মোম বা গাটাপার্চার বোতলে রাখা হয়। HF কাচকে তীব্রভাবে আক্রমণ করে, সেইজন্য কাচের বোতলে রাখা যায় না। প্রস্তুতির সময়েও কাঁচের যন্ত্র ব্যবহার করা যায় না।



$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$$

অনার্দ্র অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলে সাধারণতঃ ফ্রেমির লবণ ($KHF_2$) প্লাটিনাম রকযন্ত্রে লইয়া উচ্চতাপমাত্রায় বিযোজিত করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে হিমমিশ্র-আবৃত একটি প্লাটিনাম-গ্রাহকে তরলাকারে সংগ্রহ করা হয়।



$$KHF_2 = KF + HF$$

**ধর্ম।** অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড একটি বর্ণহীন ধূমায়মান তরল পদার্থ, ঘনত্ব, 0.988, স্ফুটনাঙ্ক, 19,4°C। ইহা জলে দ্রবণীয় এবং দ্রবণটি একটি মৃদু অ্যাসিড। অনার্দ্র অ্যাসিড বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়। কিন্তু জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ-পরিবাহী। হাইড্রোজেন বন্ধনীর দ্বারা হাইড্রোজেন ফ্লুরাইডের একাধিক অণু একত্র সংগুণিত হইয়া থাকে, $(HF)_n$

(অনুচ্ছেদ ৩-৭)। হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড একটি তীব্র বিষ, শরীরের উপর পড়িলে যন্ত্রণাদায়ক ঘা হয়, প্রশ্বাসে গ্রহণ করিলে বাকশক্তি লোপ পায়, এমনকি মৃত্যুও ঘটিতে পারে।

গোল্ড, প্লাটিনাম, মারকারি ও লেড ব্যতীত প্রায় সমস্ত ধাতুই হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের দ্বারা আক্রান্ত হয়। ফ্লুরাইড এবং হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।



$$2HF + Fe = FeF_2 + H_2$$



$$2HF + Zn = ZnF_2 + H_2$$

সিলিকার (বালুর) সঙ্গে বিক্রিয়াটি হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের বিশেষ ধর্ম। সিলিকা সিলিকন-টেট্রাফ্লুরাইডে পরিণত হয়। কিন্তু অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী থাকিলে হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড ($H_2SiF_6$) পাওয়া যায়।



$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$



$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$

কাচের ভিতর সিলিকা এবং অন্যান্য সিলিকেট লবণ আছে। হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে উহারা আক্রান্ত হইয়া ফ্লুয়োসিলিকেটে রূপান্তরিত হয়। এই জন্যই হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড কাচের পাত্রে রাখা হয় না।



$$Na_2SiO_3 + 6HF = Na_2SiF_6 + 3H_2O$$

এই ক্রিয়ার সাহায্যে কাচের উপর দাগ কাটা বা অঙ্কন সম্ভব। কাচের উপরিভাগ পরিষ্কার করিয়া একটি মোমের পাতলা আবরণ দেওয়া হয়। অতঃপর মোমের উপর একটি সরু কলমদ্বারা প্রয়োজনীয় লেখা বা অঙ্কন খোদাই করা হয়। ইহার উপর হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয়। অঙ্কিত স্থানে অ্যাসিড কাচের সংস্পর্শে আসে ও উহাকে আক্রমণ করে, অন্যান্য স্থান মোমে আবৃত থাকে বলিয়া অক্ষত থাকে। মোমের উপর অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। যখন খানিকটা কাচ দ্রবীভূত হইয়া যায়, অ্যাসিড ধুইয়া ফেলা হয় এবং মোম তুলিয়া ফেলা হয়। হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড গ্যাস দ্বারাও কাচের উপর দাগ কাটা সম্ভব। গ্যাস ব্যবহারে অঙ্কনগুলি অনচ্ছ হইয়া থাকে।

হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড বিভিন্ন অধাতব ফ্লুরাইডের সহিত যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে।



$$HF + BF_3 = HBF_4$$



$$2HF + SiF_4 = H_2SiF_6$$

**হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা ঃ** কোন ফ্লুরাইডের পরীক্ষা করিতে হইলে উহা একটি কাচের টেস্ট-টিউবে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। টেস্ট-টিউবের মুখে একটি কাচ-দণ্ডে এক ফোঁটা জল ধরিলে উহা প্রথমে ঘোলা হইয়া পরে শক্ত হইয়া যাইবে।



$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF \; ; \quad SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$
$$3SiF_4 + 4H_2O = 2H_2SiF_6 + H_4SiO_4$$

হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড টেস্ট-টিউবের কাচের সহিত ক্রিয়ার ফলে $SiF_4$ উৎপন্ন করে। ইহা গ্যাস অবস্থায় বাহিরের জলের সংস্পর্শে আসিলেই কঠিন $H_4SiO_4$-এর উৎপত্তি হয়।

**ব্যবহার ঃ** (ক) কাচের উপর লেখার জন্য, (খ) কোহল-শিল্পে বীজবারক হিসাবে, (গ) সোডিয়াম ও জিঙ্ক ফ্লুরাইড কাষ্ঠশিল্পে ব্যবহৃত হয়।

**ফ্লুরিন অক্সাইড।** ফ্লুরিনের দুইটি অক্সাইড আছে, ফ্লুরিন মনোক্সাইড এবং ফ্লুরিন ডাই-অক্সাইড।

**ফ্লুরিন মনোক্সাইড, $F_2O$।** লঘু কস্টিক সোডার দ্রবণে (2%) ধীরে ধীরে ফ্লুরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ফ্লুরিন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2F_2 + 2NaOH = F_2O + 2NaF + H_2O$$

এই গ্যাসটির একটা তীব্র গন্ধ আছে এবং জলে অতিসামান্য দ্রাব্য। উত্তাপে ইহা বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও ফ্লুরিনে পরিণত হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক $-146.5°C$। ইহার যথেষ্ট জারণ ক্ষমতা আছে, পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন নিষ্কাশিত করে;



$$F_2O + 4KI + H_2O = 2KF + 2KOH + 2I_2$$

**ফ্লুরিন ডাইঅক্সাইড $F_2O_2$।** অত্যন্ত শীতল (তরল-বায়ুর) উষ্ণতায় অক্সিজেন এবং ফ্লুরিনের মিশ্রণে বিদ্যুৎক্ষরণ করিয়া এই ফ্লুরিন ডাই-অক্সাইড কমলা রংয়ের কঠিন পদার্থ রূপে (গলনাঙ্ক $-163.5°C$) পাওয়া যায়। ইহা অত্যন্ত অস্থায়ী এবং $-100°C$ তাপমাত্রাতেই ইহা বিয়োজিত হইয়া যায়।

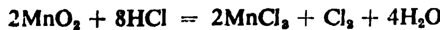
## ক্লোরিন

চিহ্ন Cl, ক্রমাঙ্ক 17, পাঃ গুরুত্ব 35·457, ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

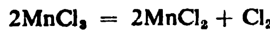
মৌলাবস্থায় ক্লোরিন প্রকৃতিতে থাকে না। উহার প্রকৃতিলব্ধ যৌগগুলির মধ্যে সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড প্রধান। সমুদ্রজলে এবং লবণের খনিতে প্রচুর সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। জার্মানীর স্টাস্‌ফার্ট্র স্তূপেও নানাভাবে ক্লোরাইড আছে; যথা, কার্ণালাইট, $KCl, MgCl_2, 6H_2O$; ক্যানাইট, $KCl, MgSO_4, 3H_2O$।

**২২-৫। ক্লোরিন প্রস্তুতি। ল্যাবরেটরী পদ্ধতি।** ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন তৈয়ারী করা হয়।

একটি কূপীতে বিচূর্ণ পাইরোলুসাইট খনিজ ($MnO_2$) এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসিলে জল এবং গাঢ় $H_2SO_4$-পূর্ণ দুইটি গ্যাসধাবকের মধ্য দিয়া পরিচালিত করিয়া বিশুদ্ধ এবং অনার্দ্র করা হয়। অতঃপর উহাকে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়।



$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$$



$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$



$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_2 + 2Cl_2 + 4H_2O$$



অর্থাৎ, $$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের সঙ্গে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়াও ক্লোরিন পাওয়া যায়।



$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

অন্যান্য জারক-দ্রব্যের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও অনুরূপ জারণ-দ্বারা ক্লোরিন পাওয়া যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, লেড ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি এই জন্য ব্যবহার করা যাইতে পারে:



$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

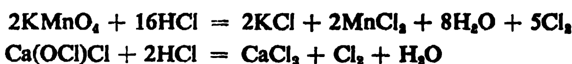


$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$



$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2$$

স্বাভাবিক উষ্ণতায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (কঠিন অবস্থায়), ব্লীচিং পাউডার প্রভৃতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে:



$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$
$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

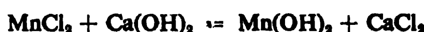
**২২-৬। শিল্প-পদ্ধতি।** শিল্প-প্রয়োজনে ক্লোরিন প্রস্তুত করার তিনটি পদ্ধতি আছে। (১) ওয়েলডন প্রণালী (২) ডিকন-প্রণালী এবং (৩) তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালী। ইহাদের মধ্যে বর্তমানে ওয়েলডন-প্রণালী আর ব্যবহার হয় না, ডিকনের প্রণালীর প্রয়োগও খুবই সীমিত। সহজে উৎকৃষ্ট ক্লোরিন তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে পাওয়া যায় বলিয়া প্রায় সর্বত্রই উহা প্রচলিত।

**(১) ওয়েলডন-প্রণালী (Weldon Process)।** ইহাতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে পাইরোলুসাইট খনিজ দ্বারা জারিত হয়।

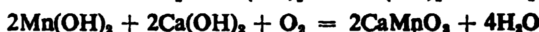


$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

এই বিক্রিয়াতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অর্ধেক ক্লোরিন মৌল হিসাবে পাওয়া যায়। অপর অর্ধেক $MnCl_2$-এ পরিণত হইয়া যায়। $MnCl_2$-কে পুনরায় জারক পদার্থে পরিণত করিতে পারায় এই প্রণালীটি ক্লোরিনের শিল্প হিসাবে সার্থক হইয়াছে। উৎপন্ন $MnCl_2$ দ্রবীভূত থাকে। উহাকে প্রথমে একটি ট্যাঙ্কে লইয়া উহার সহিত চুনাপাথর ($CaCO_3$) চূর্ণ মিশান হয়। ইহাতে অ্যাসিড প্রশমিত হইয়া যায় এবং অপ্রয়োজনীয় পদার্থ (যেমন, $FeCl_3$) অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায়। ট্যাঙ্কের উপর হইতে পরিষ্কার $MnCl_2$ দ্রবণটিকে অপর একটি প্রকোষ্ঠে লইয়া যাওয়া হয় এবং উহাতে যথেষ্ট গোলা-চুন মিশাইয়া লওয়া হয়। সঙ্গে সঙ্গে উহার ভিতরে বাতাস ও স্টীম পরিচালনা করা হয়। ইহাতে $MnCl_2$ জারিত হইয়া শেষ পর্যন্ত ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইটে পরিণত হয় এবং গাদের মত নীচে জমিতে থাকে। ইহাকে 'ওয়েলডন-মাড' বলা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করার জন্য উহা পুনরায় ব্যবহৃত হয়।



$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$



$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O$$



$$CaMnO_3 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + Cl_2 + 3H_2O$$

সর্বদাই $MnCl_2$-কে ক্যালসিয়াম ম্যাঙ্গানাইটে পরিণত করিয়া লওয়ার ফলে পাইরোলুসাইটের ব্যয় অনেক কম হয়।

এই প্রণালীতে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ এবং গাঢ় ক্লোরিন পাওয়া গেলেও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মাত্র এক-তৃতীয়াংশ ক্লোরিন মৌল অবস্থায় পাওয়া সম্ভব। উপজাত $CaCl_2$-এর কোন ব্যবহার নাই। এই কারণেই বর্তমানে এই প্রণালীটির আর প্রচলন নাই।

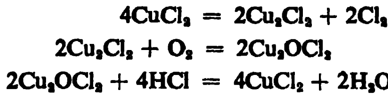
**(২) ডিকনের প্রণালী (Deacon's Process)।** এই পদ্ধতিতে কপার ক্লোরাইড প্রভাবকের উপস্থিতিতে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।



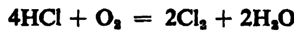
$$4HCl + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O; \quad [\Delta H = -28 \text{ Kcal}]$$

সালফিউরিক অ্যাসিড ও খাদ্যলবণ উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। বিশুদ্ধ অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সহিত উহার চারিগুণ আয়তন বাতাস মিশ্রিত করা হয়। গ্যাসমিশ্রণটিকে অতঃপর একটি তপ্ত-প্রকোষ্ঠে

কতকগুলি সরু লোহার নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উহার উষ্ণতা 200°C করা হয়। ইহার পর, আংশিক উত্তপ্ত গ্যাসমিশ্রণটি বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। এই বিক্রিয়াপ্রকোষ্ঠগুলিতে কিউপ্রিক-ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত ঝামাপাথর 450°C-এ রাখা হয়। ইহার সংস্পর্শে আসিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে।



$$4CuCl_2 = 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$
$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$
$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl = 4CuCl_2 + 2H_2O$$



$$4HCl + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O$$

ডিকনের প্রণালীতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রায় সমস্তটুকু ক্লোরিনই মৌলীবস্থায় পাওয়া যায়। তবে এই ক্লোরিন সেরূপ বিশুদ্ধ নয়। ব্লীচিং পাউডার প্রভৃতি তৈয়ারীর পক্ষে ডিকনের ক্লোরিন স্বচ্ছন্দে ব্যবহার করা যাইতে পারে।

(৩) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পদ্ধতি।** বর্তমানে প্রায় সমস্ত ক্লোরিনই সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রস্তুত হয়। সমুদ্রের জল আংশিক বাষ্পীভূত করিয়া ফেলিলে লবণের একটি গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে লবণোদক বা 'ব্রাইন' বলে। ইহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিযোজিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই ক্লোরিন বিশুদ্ধ, গাঢ় এবং সহজপ্রাপ্য। কাঁচামালও বেশ সুলভ। এই জন্যই ওয়েল-ডন ও ডিকন প্রণালী লোপ পাইয়াছে। কস্টিক সোডার প্রসঙ্গে এই পদ্ধতিটির বিস্তারিত আলোচনা করা হইয়াছে (অনুচ্ছেদ ১২-১৫)।



$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$



অ্যানোডে: $2Cl^- = Cl_2 + 2e$

ক্যাথোডে: $Na^+ + e = Na$; $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

HCl অথবা অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও ক্লোরিন উৎপন্ন করা যায়।

**২২-৭। ক্লোরিনের ধর্ম।** ক্লোরিন একটি হরিতাভ-পীত বর্ণের গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা উহা অনেক ভারী, বাষ্প-ঘনত্ব, 35.5। গ্যাসটির একটি তীব্র অপ্রীতিকর গন্ধ আছে এবং উহা একটি বিষ। শরীরের ত্বক বা শ্লৈষ্মিক ঝিল্লী ইহা মারাত্মকভাবে আক্রমণ করে। ইহা জলে অনতিদ্রবণীয়। শীতল অবস্থায় অল্প চাপেই ক্লোরিন তরলীভূত হয়।

(১) ক্লোরিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। বহু মৌলের সহিত ক্লোরিন প্রত্যক্ষ-ভাবে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। আয়রণ, মারকারি, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি উহাদের ক্লোরাইডে পরিণত হইয়া যায়।



$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3 \qquad 2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$$

ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, কপার, সোডিয়াম প্রভৃতি ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া উঠে এবং উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। আলো ও তাপ সহকারে এই সকল বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়। সুতরাং ইহাদের দহন-ক্রিয়া বলা যাইতে পারে। ক্লোরিন গ্যাসটি নিজে অবশ্য দাহ্য নয়।



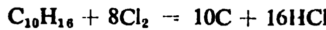
$$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5 \qquad 2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$
$$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5 \qquad 2Na + Cl_2 = 2NaCl$$

(২) ক্লোরিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি খুব বেশী। একেবারে অন্ধকারে স্বাভাবিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগ ঘটে না। কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ যদি স্বল্পালোকে রাখা যায় তবে আস্তে আস্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সূর্যালোকে এই সংযোগটি বিস্ফোরণপূর্বক ঘটে। হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিনের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে থাকে। সমায়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণে আগুণ ধরাইয়া দিলেও বিস্ফোরণ হয়।



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

ক্লোরিন অন্যান্য যৌগের মধ্যস্থিত হাইড্রোজেনের সহিতও সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন, একটি তার্পিন-তৈলসিক্ত ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসের ভিতরে দিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বনে পরিণত হয়।



$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

(৩) হাইড্রোজেনের প্রতি এই আসক্তির ফলে ক্লোরিনের জারণগুণ দেখা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্লোরিন সোজাসুজি যুক্ত হইয়া পদার্থকে জারিত করে।



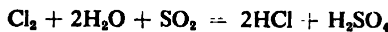
$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3; \qquad SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

আবার, কোন কোন ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনকে স্থানচ্যুত করিয়া ক্লোরিন পদার্থটিকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



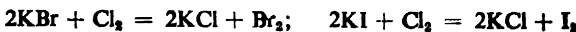
$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl; \qquad 2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

ক্লোরিন জলের সাহায্যে কোন কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়াও উহাদিগকে জারিত করিতে পারে:



$$Cl_2 + 2H_2O + SO_2 = 2HCl + H_2SO_4$$

(৪) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন নির্মুক্ত করিতে পারে:



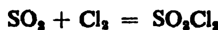
$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2; \qquad 2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

(৫) কোন কোন অধাতব অক্সাইডের সহিত ইহা সোজাসুজি যুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক উৎপাদন করে:



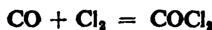
$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড



$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

সালফিউরিল ক্লোরাইড



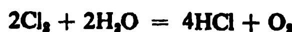
$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

ফস্‌জিন [প্রাণিজ অঙ্গার প্রভাবক সাহায্যে]

(৬) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ অনেকক্ষণ রাখিয়া দিলে ক্রমশঃ হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। সূর্যালোকে ইহা অধিকতর দ্রুত সম্পন্ন হয় এবং তীব্র আলোক-সম্পাতে জল হইতে অক্সিজেন বাহির হইয়া যায়।



$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl; \qquad HCl + HOCl = 2HCl + O$$



$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$$

(৭) বিভিন্ন ক্ষারক দ্রব্যের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

ক্ষারকের লঘু দ্রবণের সহিত ক্লোরিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে। কস্টিক সোডার লঘু দ্রবণ স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিনের সাহায্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটে পরিণত হয়:



$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি বিযোজিত হইয়া ক্লোরেট লবণে রূপান্তরিত হইয়া যায়।



$$3NaOCl = NaClO_3 + 2NaCl$$

সুতরাং অধিকতর উষ্ণতায় অতিরিক্ত ক্লোরিন যদি ক্ষারকের গাঢ় দ্রবণে প্রবাহিত করা যায় তাহা হইলে ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণের উৎপত্তি হয়। হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায় না।



$$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$



$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$$

হাইপোক্লোরাইট ও ক্লোরেট লবণসমূহ সাধারণতঃ এই ভাবেই তৈয়ারী করা হয়।

চুনের জলও ক্ষারকের দ্রবণ। সুতরাং ঐরূপ বিক্রিয়াই ঘটে।



$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

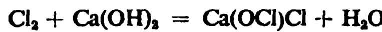
(কম উষ্ণতায়)



$$6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

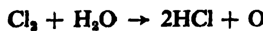
(অধিক উষ্ণতায়)

প্রায় 40°C উষ্ণতায় কলিচুনের উপর ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ইহা ব্লীচিং পাউডারে পরিণত হয়।



$$Cl_2 + Ca(OH)_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

(৮) সাধারণ জৈব রঙসমূহকে ক্লোরিন বিরঞ্জিত করিয়া থাকে। রঙীন ফুল বা পাতা অথবা রঙীন বস্ত্রখণ্ড ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে রাখিয়া দিলে উহারা সাদা হইয়া যায়। সম্পূর্ণ নির্জল ক্লোরিনের এই ধর্মটি নাই। ক্লোরিন বস্তুতঃ প্রথমে জল হইতে জায়মান অক্সিজেন উৎপাদন করে। এই জায়মান অক্সিজেন রঙসমূহকে জারিত করিয়া সাদা করে। সুতরাং ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন করে।



$$Cl_2 + H_2O \rightarrow 2HCl + O$$

ছাপা কালি অবশ্য ক্লোরিনে বিরঞ্জিত হয় না, কারণ ছাপাকালিতে কার্বন থাকে, উহা জায়মান অক্সিজেনের দ্বারাও জারিত হয় না।

**ক্লোরিনের পরীক্ষা।** স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত একটি কাগজের টুকরা ক্লোরিন গ্যাসে বা উহার জলীয় দ্রবণে দিলে উহা নীল হইয়া যায়। ইহা দ্বারাই সাধারণতঃ ক্লোরিনের পরীক্ষা করা হয়।

**ব্যবহার।** (১) ব্লীচিং পাউডার প্রস্তুতিতে ক্লোরিনের বহুল ব্যবহার হয়, বর্তমানে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন সংযোগে প্রস্তুত করা হয়। এতদ্ব্যতীত ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন, ক্লোরেট প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য তৈয়ারী করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (২) ফসজিন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি যুদ্ধে ব্যবহৃত বিষাক্ত গ্যাস তৈয়ারী করিতেও ক্লোরিনের প্রয়োজন। (৩) খনিজ হইতে স্বর্ণ-নিষ্কাশনে এবং কাগজ শিল্পে,

কাঠ, খড় ইত্যাদির বিরঞ্জনে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (৪) বীজবারক হিসাবে উহার ব্যবহার আছে। পানীয় জল অনেক সময় ক্লোরিনের সাহায্যে জীবাণুমুক্ত করা হয়।

**২২-৮। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড), HCl। প্রস্তুতি।** ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই খাদ্যলবণের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। একটি গোলকূপীতে সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া অল্প অল্প তাপিত করিলেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া উহাকে পরিচালিত করিয়া অনার্দ্র করা হয় এবং তারপর পারদের উপরে অথবা বায়ুর উর্ধ্ব-ভ্রংশের দ্বারা গ্যাসটি সংগ্রহ করা হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই গ্যাসটিকে সতর্কতার সঙ্গে জলে শোষণ করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

খাদ্য লবণের পরিবর্তে অন্যান্য কোন কোন ধাতব ক্লোরাইড হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়। সুলভ বলিয়াই সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।



$$CaCl_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HCl \; ; \; KCl + H_2SO_4 = KHSO_4 + HCl$$



$$2AlCl_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6HCl$$

অধাতব কোন কোন ক্লোরাইড ও অক্সিক্লোরাইডের আদ্র-বিশ্লেষণেও ইহা পাওয়া যায়ঃ

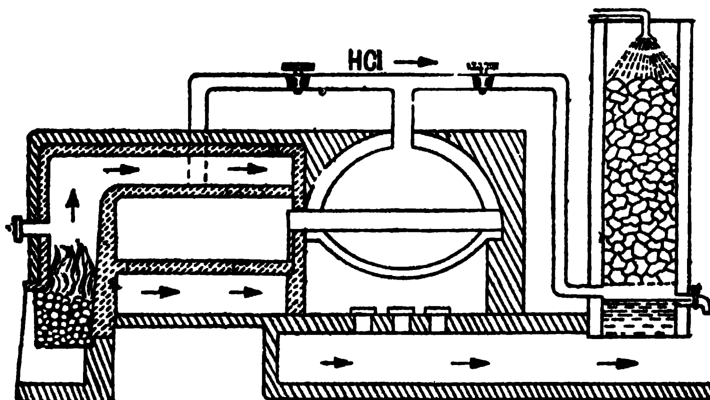


$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl; \quad SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$



$$POCl_3 + 3H_2O = H_3PO_4 + 3HCl; \quad SOCl_2 + 2H_2O = H_2SO_3 + 2HCl$$

**২২-৯। শিল্প-পদ্ধতি।** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বহুল প্রয়োগের জন্য প্রচুর পরিমাণে উহা প্রস্তুত করা প্রয়োজন হয়। এজন্য মোটামুটি দুইটি উপায় অবলম্বিত হয়।




চিত্র ২২-গ। HC-প্রস্তুতি (লে-ব্লাঙ্ক-পদ্ধতি)

(১) **লে-ব্লাঙ্ক প্রণালী।** ইহা বস্তুতঃ ল্যাবরেটরী পদ্ধতিরই বৃহৎ-সংস্করণ। পর পর দুইটি সংবৃত-চুল্লীতে (muffle furnace) লবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিড একত্র লোহিত-তপ্ত করিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈয়ারী করা হয় (চিত্র ২২-গ)।

প্রথম চুল্লীটি ঢালাই লোহার তৈয়ারী, অনেকটা বড় একটি কড়াইয়ের মত। দ্বিতীয়টি চতুষ্কোণাকৃতি একটি বাক্সের অনুরূপ এবং অগ্নিসহ মৃত্তিকায় প্রস্তুত। দুইটি চুল্লীরই পাথর বা অগ্নিসহ-মৃত্তিকানির্মিত ঢাকনী আছে এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বহির্গমনের জন্য পাথর বা মাটির নির্গম-নল আছে। ধাতুর নল বা ঢাক্‌নী অ্যাসিড-বাষ্পে অব্যবহার্য। দ্বিতীয় চুল্লীটির শেষপ্রান্তে কয়লা প্রজ্বলিত করিয়া উত্তাপ দেওয়া হয়। উহার উত্তপ্ত গ্যাস প্রথমে দ্বিতীয় সংবৃত চুল্লীর চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে উত্তপ্ত করিয়া তোলে। পরে উহা বাহির হইয়া যাওয়ার পথে প্রথম চুল্লীটিকে উত্তপ্ত করিয়া যায়। ফলে, প্রথম চুল্লীটির আভ্যন্তরিক উষ্ণতা প্রায় 200°C এবং দ্বিতীয়টির প্রায় 600°C থাকে। উপযুক্ত পরিমাণ লবণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথম চুল্লীতে দেওয়া হয়। এখানে খানিকটা সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উত্থিত হয় (অনুচ্ছেদ ১২-২১)।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \ (200°C)$$

বিক্রিয়া-শেষে লবণ ও অ্যাসিড সালফেটের তপ্ত মিশ্রণটি একটি দ্বারের ভিতর দিয়া পার্শ্ববর্তী দ্বিতীয় চুল্লীতে স্থানান্তরিত করা হয়। এইখানে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া আরও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl \ (600°C)$$

দুইটি চুল্লী হইতে যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয় উহা একটি কোকপূর্ণ টাওয়ার অতিক্রম করে। ইহাতে গ্যাসটি ভাসমান-ধূলিকণা বা অন্যান্য কঠিন পদার্থ হইতে মুক্ত ও পরিস্রুত হইয়া যায়। এই গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

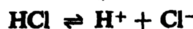
(২) **সংশ্লেষণ-পদ্ধতি ঃ** বর্তমানে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সমন্বয় সাধন করিয়াও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। অনেক দেশেই ক্ষারশিল্পে প্রচুর হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন বৈদ্যুতিক উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। সিলিকা-নির্মিত চুল্লীর মধ্যস্থিত একটি সরু নল হইতে নিঃসৃয়মাণ হাইড্রোজেনকে ক্লোরিন-গ্যাসে প্রজ্বলিত করিয়া দেওয়া হয়। এই দহনের ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

যথারীতি এই গ্যাস জলে দ্রবীভূত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। সুলভ বিদ্যুৎ-সরবরাহের উপর এই পদ্ধতিটি নির্ভর করে।

**২২-১০। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম।** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন শ্বাসরোধক ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস। আর্দ্র বাতাসে উহা ধূমায়িত হইতে থাকে। গ্যাসটি অম্লজাতীয় এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। 0°C-এ এক ঘনসেন্টি. জলে প্রমাণ চাপে প্রায় 458 ঘনসেন্টি গ্যাস দ্রবিত হয়। জলীয় দ্রবণ একটি তীব্র অম্ল, সুতরাং দ্রবিত অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া থাকে।



$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

গ্যাসটি দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না।

জিঙ্ক, আয়রণ প্রভৃতি অবর ধাতু এই অ্যাসিডে আক্রান্ত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

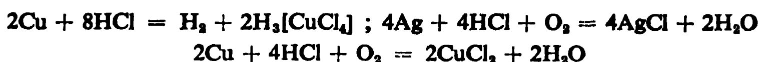


$$Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$$



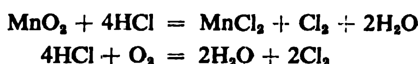
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর এই অ্যাসিডের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিড দ্বারা কপার আক্রান্ত হয় এবং বাতাসের সান্নিধ্যে সিলভারও এই অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে:



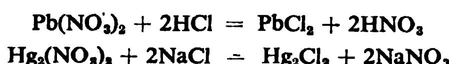
$$2Cu + 8HCl = H_2 + 2H_3[CuCl_4]\ ;\ 4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$
$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড, পটাস-পারম্যাঙ্গানেট প্রভৃতি বিভিন্ন জারক দ্রব্যের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে উহা জারিত হইয়া ক্লোরিন দেয়। অ্যাসিড-বাষ্প এবং অক্সিজেনের মিশ্রণ উত্তপ্ত কপার ক্লোরাইড অনুঘটকের উপর দিয়া পরিচালিত করিলেও উহা জারিত হয়।



$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$
$$4HCl + O_2 = 2H_2O + 2Cl_2$$

লেড, সিলভার এবং মারকিউরাস লবণের জলীয় দ্রবণে HCl অথবা কোন ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশাইলে ঐসব ধাতুর সাদা ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$$
$$Hg_2(NO_3)_2 + 2NaCl = Hg_2Cl_2 + 2NaNO_3$$

**হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা :** (১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অ্যামোনিয়া গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হয় (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)।

(২) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে পীতাভ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দিলে উহা হইতে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়াতে দ্রবণীয়।

**ব্যবহার :** অন্যতম বিকারক হিসাবে ইহা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োজন। ঔষধ হিসাবেও ইহার প্রয়োগ আছে। রঞ্জন শিল্পে, লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের আস্তরণ দেওয়ার সময়, বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে এবং ক্লোরিন উৎপন্ন করিতে, সর্বদাই উহার প্রয়োজন হয়।

**২২-১১। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি। পরীক্ষা।** ঠিক সমায়তন দুইটি কাচের নল মধ্যবর্তী একটি স্টপকক্ দ্বারা যুক্ত করিয়া লওয়া হয়, নল দুইটির অপর প্রান্তেও দুইটি স্টপকক্ থাকে (চিত্র ২২-ঘ)। একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নলে হাইড্রোজেন



চিত্র ২২-ঘ। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযতি নির্ণয়

এবং অপরটিতে ক্লোরিন ভরিয়া লওয়া হয়। অতঃপর মধ্যবর্তী স্টপককটি খুলিয়া ঘরের ভিতর মৃদু আলোতে উহা রাখিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। কয়েক ঘন্টাতেই এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া যায়। তৎপর এই যন্ত্রটির একটি প্রান্ত পারদে ডুবাইয়া সেই দিকের স্টপককটি খুলিলে পারদ ভিতরে প্রবেশ করে না অথবা কোন গ্যাস বাহির হইয়া

যায় না। পারদের পরিবর্তে এই স্টপককটি জলের নীচে রাখিয়া খুলিলে তৎক্ষণাৎ জল উপরে উঠিতে থাকে এবং নল দুইটি সম্পূর্ণ জলে ভরিয়া যায়। অতএব, স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে, সম-আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হয় এবং এই হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সম্মিলিত আয়তনের সমান।

**হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত :** অতএব, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় x ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন এবং $\frac{x}{2}$ ঘন সেন্টিমিটার ক্লোরিন আছে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পানুযায়ী,

p অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{p}{2}$ টি হাইড্রোজেন অণু এবং $\frac{p}{2}$ টি ক্লোরিম অণু থাকে।

∴ একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুতে অর্ধ-অণু হাইড্রোজেন এবং অর্ধ-অণু ক্লোরিন আছে।

(হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন উভয়েই দ্বিপরমাণুক)।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের একটি অণুতে একটি ক্লোরিন এবং একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

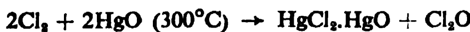
অর্থাৎ, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংকেত, HCl।

**২২–১২। ক্লোরিনের অক্সাইডসমূহ।** ক্লোরিনের অক্সাইডসমূহের মধ্যে নিম্নলিখিত চারটি উল্লেখযোগ্য :

ক্লোরিন মনোক্সাইড, $Cl_2O$ ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড, $ClO_2$

ক্লোরিন হেক্সোক্সাইড, $Cl_2O_6$ ক্লোরিন হেপ্টোক্সাইড, $Cl_2O_7$

**ক্লোরিন মনোক্সাইড, $Cl_2O$।** সদ্যপ্রস্তুত মারকিউরিক অক্সাইডের উপর শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ঈষৎ তামাটে বর্ণের ক্লোরিন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।



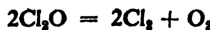
$$2Cl_2 + 2HgO\ (300°C) \rightarrow HgCl_2.HgO + Cl_2O$$

গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইপো-ক্লোরাস অ্যাসিড দেয়।



$$Cl_2O + H_2O = 2HOCl$$

ইহাকে উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণসহ ক্লোরিন ও অক্সিজেন দেয়।



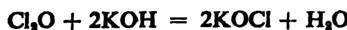
$$2Cl_2O = 2Cl_2 + O_2$$

গ্যাসটি জারণগুণসম্পন্ন। ইহা সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে, ফসফরাসকে ফসফরাস পেন্টোক্সাইডে, এমন কি, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডকে ক্লোরিনে জারিত করে।



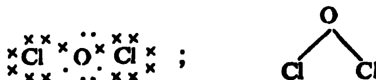
$$2Cl_2O + S = SO_2 + 2Cl_2; \qquad Cl_2O + 2HCl = 2Cl_2 + H_2O$$

ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা হাইপোক্লোরাইট গঠন করিয়া থাকে।



$$Cl_2O + 2KOH = 2KOCl + H_2O$$

ক্লোরিন মনোক্সাইডের গঠন কৌণিক। Cl—O দূরত্ব 1.71Å, কোণ 111°। ইহার ইলেকট্রন বিন্যাস হইবে :



**ক্লোরিন ডাইঅক্সাইড, $ClO_2$।** **প্রস্তুতি :** ল্যাবরেটরীতে শুষ্ক সিলভার ক্লোরেটের উপর (90°C) শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস পাঠাইয়া $ClO_2$ উৎপন্ন করা যায়।



$$2AgClO_3 + Cl_2 = 2AgCl + 2ClO_2 + O_2$$

এখন গ্যাসটিকে হিম-মিশ্রণে ঠাণ্ডা করিয়া লইলে হলুদ রং-এর তরল পাওয়া যায়।

পটাসিয়াম ক্লোরেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে অধিক ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব হইলেও উক্ত মিশ্রণটি গুরুতর বিস্ফোরক বলিয়া এই উপায়ে গ্যাসটি তৈয়ারী করা হয় না।



$$3KClO_3 + 2H_2SO_4 = KClO_4 + 2KHSO_4 + 2ClO_2 + H_2O$$

ইহার পরিবর্তে, পটাসিয়াম ক্লোরেট ও অক্সালিক অ্যাসিড উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া প্রায় 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলেই ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব।



$$2KClO_3 + 2(COOH)_2 = 2ClO_2 + 2CO_2 + (COOK)_2 + 2H_2O$$

উত্তপ্ত করিলেই গ্যাসটির বিস্ফোরণ ঘটে। ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরাস ও ক্লোরিক অ্যাসিড দিয়া থাকে। আর ক্ষারকে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরাইট ও ক্লোরেটে পরিণত হয়।



$$2ClO_2 + H_2O = HClO_2 + HClO_3$$



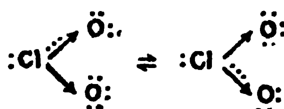
$$2ClO_2 + 2KOH = KClO_2 + KClO_3 + H_2O$$

গ্যাসটি তীব্র জারক, যেমন, ইহা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন উৎপন্ন করিয়া থাকে।



$$10KI + 8HCl + 2ClO_2 = 10KCl + 4H_2O + 5I_2$$

ক্লোরিন ডাইঅক্সাইডের গঠন কৌণিক, O—Cl—O = 117°। আধুনিক মতে উহার সংরচনা দুইটি তিন-ইলেকট্রন বন্ধনীর সংস্পন্দন বর্তমান মনে করা হয়। ইহার ইলেকট্রন-বিন্যাস,



**ক্লোরিন হেক্সোক্সাইড, $Cl_2O_6$।** 0°C-এ ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড ওজোনযুক্ত অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত হইয়া ঘন লাল তরল হেক্সোক্সাইডে রূপান্তরিত হইতে থাকে।



$$2ClO_2 + 2O_3 = Cl_2O_6 + 2O_2$$

ইহা অত্যন্ত বিস্ফোরণশীল। উত্তাপ প্রয়োগে ইহা ভাঙিয়া ক্লোরিন এবং ক্লোরিন ডাই-অক্সাইড দেয়।



$$2Cl_2O_6 = 2ClO_2 + Cl_2 + 4O_2$$

ইহা জারণগুণসম্পন্ন এবং জলে দ্রব হইয়া ক্লোরিক ও পারক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। আর ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ইহা ক্লোরেট ও পারক্লোরেট লবণ উৎপন্ন করে।

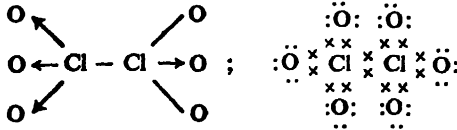


$$Cl_2O_6 + H_2O = HClO_3 + HClO_4$$



$$Cl_2O_6 + 2KOH = KClO_3 + KClO_4 + H_2O$$

ক্লোরিন হেক্সোক্সাইডের আণবিক ওজন উহার দ্বাণুক $(ClO_3)_2$ নির্দেশ করে। সম্ভবতঃ উহা $ClO_3$-এর সঙ্গে সাম্যাবস্থায় থাকে; $Cl_2O_6 \rightleftharpoons 2ClO_3$। $Cl_2O_6$-এর ইলেকট্রন বিন্যাস ও সংরচনা নিম্নরূপ:



**ক্লোরিন হেপ্টোক্সাইড, $Cl_2O_7$।** $-10°C$-এ অনার্দ্র পারক্লোরিক অ্যাসিড $P_2O_5$-এর সংস্পর্শে রাখিয়া পরে উহাকে পাতিত করিলে তেলের মত তরল ক্লোরিন হেপ্টোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2HClO_4 \underset{H_2O}{\overset{P_2O5}{\rightleftharpoons}} Cl_2O_7 + H_2O$$

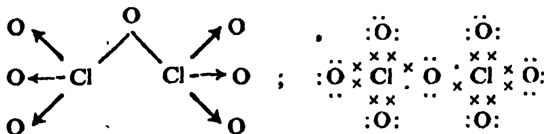
জলে এই হেপ্টোক্সাইড আস্তে আস্তে দ্রবিত হইয়া আবার পারক্লোরিক অ্যাসিডেই পরিণত হয়।

ক্লোরিনের অক্সাইডসমূহের মধ্যে এইটিই সর্বাপেক্ষা স্থায়ী এবং সর্বাপেক্ষা মৃদুজারক-দ্রব্য। ইহার সহিত ক্ষারের বিক্রিয়াতে পারক্লোরেট লবণ উৎপন্ন হয়।



$$Cl_2O_7 + 2NaOH = 2NaClO_4 + H_2O$$

রমণ-বর্ণালীর বিশ্লেষণ পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে উহাতে দুইটি $ClO_3$ পুঞ্জীভূত আছে এবং উহার একটি অক্সিজেন-সেতুদ্বারা বিধৃত। এই $\angle Cl-O-Cl$ কোণটির পরিমাণও নির্ধারণ করা হইয়াছে, উহার মান, 128°। এই অক্সাইডের সংরচনা ও ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নরূপ:



## ২২-১৩। ক্লোরিনের অক্সি-অ্যাসিডসমূহ।

ক্লোরিনের নিম্নলিখিত চারটি অক্সি-অ্যাসিড জানা রহিয়াছে: হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড, $HOCl$; ক্লোরাস অ্যাসিড, $HClO_2$; ক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_3$; পারক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_4$।

**হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড, $HOCl$।** জলীয় দ্রবণেই কেবল উহার অস্তিত্ব প্রমাণ করা গিয়াছে। ইদানীং অবশ্য খুব কম উষ্ণতায় উহার সোদক স্ফটিক কেলাসিত করা সম্ভব হইয়াছে।

ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণের সহিত সদ্যপ্রস্তুত পীত মারকিউরিক অক্সাইড ঝাঁকাইলে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$2Cl_2 + H_2O + 2HgO = HgO.HgCl_2 + 2HOCl$$

এখন অদ্রাব্য ক্ষারীয় মারকিউরিক ক্লোরাইড ফিল্টার করিয়া পৃথক করিয়া লইয়া, পরিস্রুতকে বায়ুশূন্য অবস্থায় পাতিত করিয়া হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের ঘন দ্রবণ পাওয়া যায়।

ইহা ছাড়া, ব্লীচিং পাউডার অথবা কোন হাইপোক্লোরাইট লবণের উপর লঘু অ্যাসিডের ক্রিয়ায় হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। এমন কি, কার্বন ডাই-অক্সাইডের মত মৃদু-আম্লিক অক্সাইড সাহায্যেও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করা সম্ভব। যেমন



$$2Ca(OCl)Cl + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + CaCl_2 + 2HOCl$$



$$2Ca(OCl)Cl + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + CaCl_2 + 2HOCl$$

যাহা হউক, এই অ্যাসিডটি বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়; আর ইহার জলীয় দ্রবণ 25%-এর বেশী গাঢ় করা সম্ভব নয়। লঘু দ্রবণ মোটামুটি স্থায়ী হইলেও, গাঢ় দ্রবণ, বিশেষতঃ আলোর প্রভাবে, বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন ও ক্লোরিনে পরিণত হইয়া যায়।



$$HOCl = HCl + O$$



$$O + O = O_2$$



$$HCl + HOCl = H_2O + Cl_2$$

এত সহজে অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে পারে বলিয়াই হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড তীব্র-জারকের কাজ করে। বস্তুতঃ, উহা হইতে যে জায়মান অক্সিজেন সঞ্জাত হয়, তাহাই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করে।



$$Na_2SO_3 + HOCl = Na_2SO_4 + HCl$$



$$2KI + HOCl + HOOC.CH_3 = KOOC.CH_3 + I_2 + H_2O + KCl$$

হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড দ্রবণ বিরঞ্জকরূপে এবং বীজবারকরূপে ব্যবহারেব হেতু উহার জায়মান অক্সিজেন প্রদান-ক্ষমতা। ক্লোরিনের মত, ইহাও জারণ-ক্রিয়ারদ্বারা বিরঞ্জন করে।

ম্যাগনেসিয়ামের সহিত হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

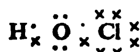


$$Mg + 2HOCl = Mg(OCl)_2 + H_2$$

হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে ক্লোরিনের যোজ্যতা + 1; উহার গঠন সরলাকার।



H — O — Cl



**হাইপোক্লোরাইট লবণসমূহ।** হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের হাইড্রোজেন বিভিন্ন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে হাইপোক্লোরাইট লবণের উদ্ভব হয়; যথা, $NaOCl$, $Ca(OCl)_2$ ইত্যাদি।

এই লবণগুলি অবশ্য বিভিন্ন ক্ষারকের লঘু দ্রবণের ভিতর ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিয়া প্রস্তুত করা হয়। যেমন, চুনের জল বা লঘু কস্টিক সোডাতে ক্লোরিন গ্যাস পাঠাইলে যথাক্রমে ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায়।

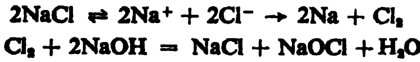


$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$



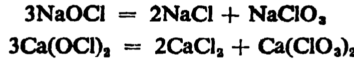
$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

ঘনসন্নিবিষ্ট তড়িদ্দ্বারের মধ্যে ক্লোরাইডের লঘু দ্রবণ রাখিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে যথারীতি পরাপ্রান্তে ক্লোরিন এবং অপরাপ্রান্তে ক্ষারকের দ্রবণ উৎপন্ন হইবে। ইহারা পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়াও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে।



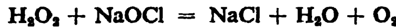
$$2NaCl \rightleftharpoons 2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2$$
$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি বিরঞ্জকের কাজ করে এবং জারণগুণ সম্পন্ন। হাইপোক্লোরা-ইট লবণের দ্রবণের উষ্ণতা বাড়াইলে উহারা ভাঙিয়া যায় এবং ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণে পরিণত হয়।



$$3NaOCl = 2NaCl + NaClO_3$$
$$3Ca(OCl)_2 = 2CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2$$

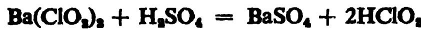
হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন উৎপাদন করে,



$$H_2O_2 + NaOCl = NaCl + H_2O + O_2$$

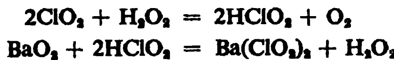
ব্লীচিং পাউডার, $Ca(OCl)Cl$, হাইপোক্লোরাস এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের যুগ্ম-লবণ। উহার বিস্তৃত আলোচনা অনুচ্ছেদ ১৪-২১এ করা হইয়াছে।

**ক্লোরাস-অ্যাসিড $HClO_2$।** বেরিয়াম ক্লোরাইটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াতে ক্লোরাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত হয়।



$$Ba(ClO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HClO_2$$

ঐ বেরিয়াম ক্লোরাইট হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সঙ্গে ক্লোরিন-ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়াতে প্রস্তুত হয়।



$$2ClO_2 + H_2O_2 = 2HClO_2 + O_2$$
$$BaO_2 + 2HClO_2 = Ba(ClO_2)_2 + H_2O_2$$

ক্ষারীয় দ্রবণে ক্লোরাইটসমূহ অধিকতর স্থায়ী কিন্তু আম্লিক দ্রবণে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়।



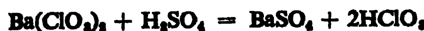
$$4HClO_2 = 2ClO_2 + ClO_3^- + Cl^- + 2H^+ + H_2O$$

ক্লোরাস অ্যাসিডে ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা তিন এবং উহার সংরচনা নিম্নরূপ:



$$H - O - Cl \rightarrow O$$

**ক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_3$।** বেরিয়াম ক্লোরেটের দ্রবণে ধীরে ধীরে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা ছাঁকিয়া লইলে ক্লোরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$Ba(ClO_3)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HClO_3$$

এই লঘু দ্রবণটি নিম্নচাপে ফুটাইয়া প্রথমে গাঢ় করা হয় এবং পরে শূন্যপ্রেষ শোষকা-ধারে রাখিলে শতকরা 40 ভাগ অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়। অতিরিক্ত গাঢ় করিতে গেলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়:

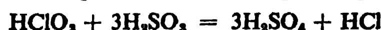


$$3HClO_3 = HClO_4 + 2ClO_2 + H_2O$$

ক্লোরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্ষমতা বেশ প্রবল। যথা,



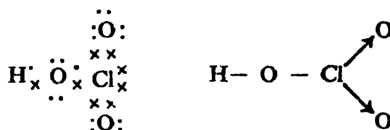
$$8HClO_3 + 16HCl = 6ClO_2 + 9Cl_2 + 12H_2O$$



$$HClO_3 + 3H_2SO_3 = 3H_2SO_4 + HCl$$

জিঙ্ক, আয়রণ এবং অ্যালুমিনিয়াম এই অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন দেয়। কাগজ, উল প্রভৃতি জৈব-যৌগ এই অ্যাসিডের ঘন দ্রবণের সংস্পর্শে আগুন ধরিয়া যায়। ক্লোরিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী বিরঞ্জক-দ্রব্যও বটে।

ক্লোরিক অ্যাসিডের ক্লোরিন পঞ্চযোজী। ইহার সংরচনা,

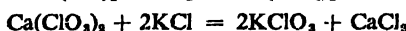


**ক্লোরেট।** ক্লোরিক অ্যাসিডের লবণকেই ক্লোরেট বলা হয়। ক্লোরেট লবণসমূহের মধ্যে পটাসিয়াম ক্লোরেটই সমধিক গুরুত্বসম্পন্ন।

**পটাসিয়াম ক্লোরেট, $KClO_3$।** **প্রস্তুতি ঃ** দুইটি বিভিন্ন প্রণালীতে পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত হয়। (ক) উষ্ণ চুনগোলার ভিতর অধিক ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরেট ও ক্লোরাইড প্রস্তুত হয়। চুন হইতে দ্রবণটি ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া উহাতে তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশাইলে, পটাসিয়াম ক্লোরেট পাওয়া যায়।



$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = Ca(ClO_3)_2 + 5CaCl_2 + 6H_2O$$



$$Ca(ClO_3)_2 + 2KCl = 2KClO_3 + CaCl_2$$

দ্রবণটি ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলেই অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য পটাসিয়াম ক্লোরেট কেলাসিত হয়। ইহা ছাঁকিয়া পুনরায় গরম জল হইতে কেলাসিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

(খ) গরম ও গাঢ় সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়াও ক্লোরেট উৎপাদন করা হয়। সীসাদ্বারা আবৃত একটি স্টীলের বাক্সে এই বিশ্লেষণ করা হয়। ইহাতে বহুসংখ্যক লোহার ক্যাথোডে ও প্লাটিনাম জালির অ্যানোড পর্যায়ক্রমে একের পর এক সজ্জিত রাখা হয় যাহাতে অ্যানোডের ক্লোরিন ও ক্যাথোডের কস্টিক সোডা সহজে মিশ্রিত হইয়া ক্লোরেট উৎপন্ন করে। NaCl-এর দ্রবণটি প্রায় 90°C উষ্ণতায় রাখা হয় এবং উহাতে কিঞ্চিৎ ডাইক্রোমেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। ডাইক্রোমেট ক্যাথোডের বিজারণ বন্ধ করে।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের $\frac{2}{3}$ অংশ যখন ক্লোরেটে রূপান্তরিত হইয়া যায় তখন দ্রবণটি বাহির করিয়া লওয়া হয় এবং উপযুক্ত পরিমাণ KCl দ্রবণ মিশান হয়। ঠাণ্ডা হইলে উহা হইতে $KClO_3$ কেলাসিত অবস্থায় পাওয়া যায়।



$$2NaCl = 2Na + Cl_2 ; \qquad 2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

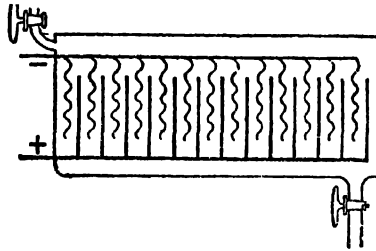


$$3Cl_2 + 6NaOH = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$



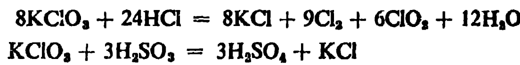
$$NaClO_3 + KCl = KClO_3 + NaCl$$

**ধর্ম:** পটাসিয়াম ক্লোরেট সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ; জলে ঈষৎ দ্রবণীয়। উত্তাপ প্রয়োগে পটাসিয়াম ক্লোরেট বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন দেয়।



চিত্র ২২-৩। $KClO_3$-প্রস্তুতি

পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রভূত জারণশক্তিসম্পন্ন। সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি মিশ্রিত করিয়া জ্বালাইয়া দিলে ভীষণ বিস্ফোরণ সংঘটিত হয়। HCl, $H_2SO_3$ প্রভৃতিও জারিত হইয়া থাকে। যেমন,



$$8KClO_3 + 24HCl = 8KCl + 9Cl_2 + 6ClO_2 + 12H_2O$$

$$KClO_3 + 3H_2SO_3 = 3H_2SO_4 + KCl$$

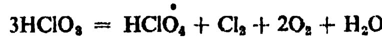
**ব্যবহার:** দেয়াশলাই, বাজী ও বিস্ফোরক বোমা প্রস্তুত করিতে পটাসিয়াম ক্লোরেট বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়। জারক হিসাবেও ইহার যথেষ্ট ব্যবহার আছে। কখনও কখনও গলার ঘা সারাইবার কাজে ইহা প্রয়োগ করা হয়।

**পারক্লোরিক অ্যাসিড, $HClO_4$।** পটাসিয়াম পারক্লোরেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ নিম্নচাপে পাতিত করিলে ধূমায়মান পারক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$KClO_4 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HClO_4$$

ইহাছাড়া ক্লোরিক অ্যাসিডের পাতন প্রক্রিয়ায় উহার বিযোজনেও পারক্লোরিক অ্যাসিডে পাওয়া যায়।



$$3HClO_3 = HClO_4 + Cl_2 + 2O_2 + H_2O$$

বর্ণহীন ধূমায়মান এই অনার্দ্র অ্যাসিডটি অস্থায়ী, বিস্ফোরণশীল এবং উদ্‌গ্রাহী; কিন্তু উহার জলীয় দ্রবণ বেশ স্থায়ী।

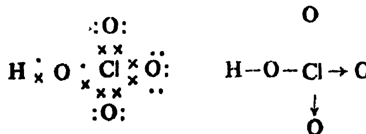
ইহা একটি শক্তিশালী জারকদ্রব্য এবং উহা জৈব যৌগসমূহকে ও অঙ্গারকে জারিত করে, এমনকি উহাতে আগুণ ধরিয়া যায়।

ইহা একটি তীব্র অম্ল; জিঙ্ক, আয়রণ প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়ায় ইহা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যেমন,



$$Zn + 2HClO_4 = Zn(ClO_4)_2 + H_2$$

$HClO_4$-এ ক্লোরিন সপ্তযোজী এবং উহার গঠন নিম্নরূপ:



## ব্রোমিন

চিহ্ন Br, ক্রমাঙ্ক 35, পাঃ গুরুত্ব 79.9

ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$ ,

ব্রোমিনও মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। সমুদ্রজল হইতে খাদ্যলবণ কেলাসিত হওয়ার পর যে অবশেষ থাকে, তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ($MgBr_2$) থাকে। প্যালেস্টাইনের মরুসাগরে, স্টাসফার্ট স্তূপে, ম্যাগনেসিয়াম ও সোডিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়। ব্রোমারজাইরাইট (Bromargyrite, AgBr) দুষ্প্রাপ্য খনিজও ব্রোমিনের যৌগ।

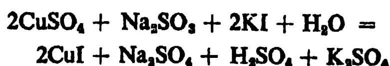
**২২–১৪। ব্রোমিন প্রস্তুতি ঃ ল্যাবরেটরি পদ্ধতি।** একটি কাচের বকযন্ত্রে পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইডের মিশ্রণ (1:5) নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করিলেই গাঢ় লাল ব্রোমিন বাষ্পাকারে নির্গত হয়। বকযন্ত্রের নির্গম-নল দিয়া আসিয়া উহা শীতল কাচের গ্রাহকে ঘনীভূত হইয়া তরলাকারে সঞ্চিত হয়।



$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + Br_2 + 2H_2O$$

যদিও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়, অন্যান্য ব্রোমাইড হইতেও এই উপায়ে ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব।

ব্রোমাইডে সর্বদাই ক্লোরাইড ও আয়োডাইড থাকে বলিয়া এই ব্রোমিনের সহিত কিছু ক্লোরিন ও আয়োডিন মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধ ব্রোমিন পাইতে হইলে পাতিত করার পূর্বেই পটাসিয়াম ব্রোমাইডকে কপার সালফেট এবং সোডিয়াম সালফাইট দ্বারা আয়োডাইড-মুক্ত করা হয়।

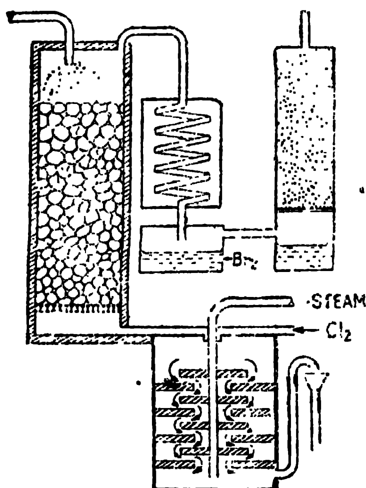


$$2CuSO_4 + Na_2SO_3 + 2KI + H_2O = 2CuI + Na_2SO_4 + H_2SO_4 + K_2SO_4$$

অদ্রবণীয় কপার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হইলে উহা ছাঁকিয়া লওয়া হয়। উৎপন্ন ব্রোমিনকে পরে পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সহিত আবার পাতিত করিলে ক্লোরিন-মুক্ত ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব।



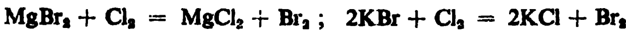
$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$




চিত্র ২২-চ। অধিক পরিমাণ ব্রোমিন উৎপাদন

**শিল্প-পদ্ধতি।** স্টাসফার্ট লবণ হইতে ক্লোরাইড কেলাসিত করার পর যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে অথবা খাদ্যলবণ-শিল্পে যে শেষদ্রব পাওয়া যায় উহাতে প্রায় শতকরা 25 ভাগ ব্রোমাইড লবণ থাকে। অধিক পরিমাণে ব্রোমিন পাইতে হইলে এই সকল শেষদ্রব ব্যবহার করা হয়। ক্লোরিনের সাহায্যে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপাদন করা হয়। ঐ সকল শেষদ্রব পর্সেলীন বা পোড়ামাটির ছোটছোট বল পূর্ণ একটি টাওয়ারের উপর

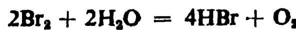
হইতে ধীরে ধীরে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। টাওয়ারের ভিতরে নীচ হইতে উপরের দিকে স্টীম ও ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়। ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেই ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপন্ন হয় এবং বাষ্পাকারে উহা টাওয়ারের উপর দিকে একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যায় (চিত্র ২২-চ)।



$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2 ; \quad 2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

নির্গত ব্রোমিন-বাষ্পকে একটি সর্পিল শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। উহাতেই অধিকাংশ ব্রোমিন তরলিত হইয়া যায়। যদি কোন সামান্য ব্রোমিন বাষ্পাবস্থায় থাকে, একটি সিক্ত লৌহচূরপূর্ণ টাওয়ারের ভিতর চালনা করিয়া উহাকে আয়রণ ব্রোমাইডে পরিণত করা হয়। এই আয়রণ ব্রোমাইডকে পুনরায় পটাস-ব্রোমাইডে রূপান্তরিত করিয়া ব্যবহার করা সম্ভব। বর্তমানে সমুদ্র-জল হইতেও উক্ত উপায়ে ব্রোমিন তৈয়ারী করা হয়।

**২২-১৫। ব্রোমিনের ধর্ম।** সাধারণ অবস্থায় ব্রোমিন একটি গাঢ় লাল (প্রায় কৃষ্ণবর্ণ) তরল পদার্থ। যদিও ইহার স্ফুটনাঙ্ক 59°C, কিন্তু অত্যন্ত উদ্বায়ী বলিয়া সর্বদাই ইহা হইতে লাল বাষ্প উত্থিত হইয়া থাকে। তরল ব্রোমিন বেশ ভারী, ঘনত্ব 3.15। পদার্থটি তীব্র বিষ এবং ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে যন্ত্রণাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। জলে ইহা কিয়ৎ পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। আলোকে রাখিয়া দিলে ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে পরিণত হয়:



$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

কোহল, ক্লোরোফর্ম, কার্বন-ডাইসালফাইড প্রভৃতি জৈব-দ্রাবকে ব্রোমিন অধিকতর দ্রবীভূত হইয়া থাকে। ব্রোমিনের রাসায়নিক গুণাবলী ঠিক ক্লোরিনের মত, যদিও সক্রিয়তা অনেকটা কম।

(১) বহু মৌলের সহিত ব্রোমিন সোজাসুজি যুক্ত হয়।






$$3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8 \qquad 2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$
$$2K + Br_2 = 2KBr \qquad 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$

(২) উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিনের সংযোগ সাধিত হয়।



$$H_2 + Br_2 = 2HBr$$

(৩) ব্রোমিনেরও অল্পাধিক জারণ-ক্ষমতা আছে। $H_2S$, $SO_2$ প্রভৃতিকে উহা স্বচ্ছন্দেই জারিত করে:



$$H_2S + Br_2 = S + 2HBr$$



$$SO_2 + 2H_2O + Br_2 = 2HBr + H_2SO_4$$

(৪) আয়োডাইড হইতে ব্রোমিন আয়োডিন উৎপাদন করে:



$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(৫) ব্রোমিন ক্ষারক-জাতীয় পদার্থের লঘু-দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট উৎপন্ন করে:



$$2NaOH + Br_2 = NaBr + NaBrO + H_2O$$

কিন্তু অধিকতর উষ্ণতায় ব্রোমেট পাওয়া যায়।

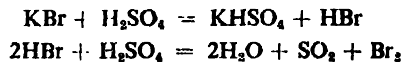


$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 2H_2O$$

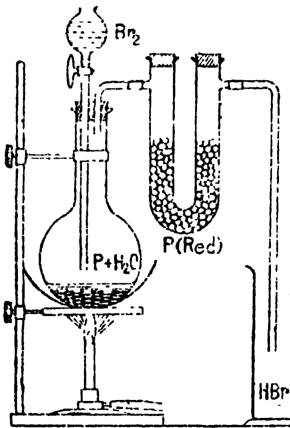
**ব্রোমিনের পরীক্ষা:** ব্রোমিনের অস্তিত্ব অবশ্যই উহার বিশিষ্ট রং ও গন্ধের সাহায্যেই জানা সম্ভব। স্টার্চ ও পটাস-আয়োডাইড-দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিন'গ্যাসে নীল হইয়া যায়। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণের সহিত কার্বন ডাইসালফাইড উত্তমরূপে ঝাঁকাইলে কার্বন ডাইসালফাইড পীত রং ধারণ করে। এই সব পরীক্ষাদ্বারা ব্রোমিনের অস্তিত্ব নির্ণীত হয়।

**ব্যবহার:** (১) ঔষধ ও ফটোগ্রাফীতে প্রয়োজনীয় ব্রোমাইডসমূহ তৈয়ারী করিতে ব্রোমিনের প্রয়োজন হয়। (২) বহু রকম জৈবপদার্থ ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করিতে ব্রোমিনের আবশ্যক হয়। বিভিন্ন রং, লেড টেট্রাইথাইল (জ্বালানী পেট্রোলে ব্যবহৃত) প্রভৃতির নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। (৩) কোন কোন কাঁদুনে গ্যাস উৎপাদনেও উহার ব্যবহার আছে। বীজবারক হিসাবেও ইহা কিছু প্রয়োগ করা হয়।

**২২-১৬। হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি:** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মত ব্রোমাইড লবণের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা সম্ভব নয় কারণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ব্রোমিনে রূপান্তরিত করিয়া দেয়।

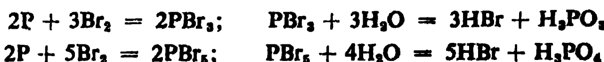


$$KBr + H_2SO_4 = KHSO_4 + HBr$$
$$2HBr + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + Br_2$$




চিত্র ২২-ছ। হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি

সুতরাং ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে একটি পরোক্ষ উপায়ের সাহায্য লইতে হয়। একটি কাচের গোলকূপীতে খানিকটা লাল ফসফরাস ও প্রায় উহার দ্বিগুণ পরিমাণ জল লওয়া হয়। কূপীটির মুখ একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ থাকে এবং উহাতে ব্রোমিন-পূর্ণ একটি বিন্দুপাতী-ফানেল এবং একটি নির্গমনল যুক্ত থাকে; নির্গম-নলটি একটি U-নলের সহিত সংযুক্ত থাকে। এই U-নলে লাল-ফসফরাসমাখানো কতকগুলি কাচের টুকরা রাখা হয় (চিত্র ২২-ছ)। বিন্দুপাতী-ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ব্রোমিন কূপীতে ফেলা হয় (প্রয়োজন হইলে বিক্রিয়ার জন্য কূপীটি একটু গরম করা বিধেয়)। ব্রোমিনের সহিত নিম্নলিখিত ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। উহা নির্গম-নল দিয়া আসিয়া U-নলে প্রবেশ করে। যদি ইহার সহিত কোন ব্রোমিন মিশ্রিত থাকে, তাহা লাল ফসফরাস শোষণ করিয়া লয় এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা সঞ্চয় করা যাইতে পারে।



$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3; \quad PBr_3 + 3H_2O = 3HBr + H_3PO_3$$
$$2P + 5Br_2 = 2PBr_5; \quad PBr_5 + 4H_2O = 5HBr + H_3PO_4$$

গ্যাসটিকে শীতল জলে দ্রবীভূত করিয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

**হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ধর্ম।** হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বর্ণহীন তীব্র-গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ধর্ম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অনুরূপ। ইহা যথেষ্ট অম্লগুণসম্পন্ন এবং বহু ধাতু এবং ক্ষারক পদার্থের সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণের উৎপত্তি করে। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুলনায় ইহা অনেক কম স্থায়ী; এমন কি, সূর্যালোকে ইহা বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া যায়।



$$4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$$

**ব্রোমাইড ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের পরীক্ষা:** (১) হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বা ধাতব ব্রোমাইডসমূহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন গ্যাস পাওয়া যায়।

(২) ক্লোরিন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের বা ধাতব ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ হইতে ব্রোমিন নির্গত করে। এই ব্রোমিন $CS_2$-এ দ্রবীভূত হইয়া উহাকে পীতাভ করিয়া থাকে।

(৩) উহাদের জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$-দ্রবণ মিশাইলে তৎক্ষণাৎ ঈষৎ হলুদ সিলভার ব্রোমাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়াতে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়।

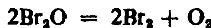
## ২২-১৭। ব্রোমিনের অক্সাইড ও অক্সি-অসিডসমূহ।

**ব্রোমিন মনোক্সাইড, $Br_2O$।** উত্তপ্ত (50–60°C) শুষ্ক মারকিউরিক অক্সাইডের উপর ব্রোমিন বাষ্প চালনা করিলে $Br_2O$ উৎপন্ন হয়।



$$HgO + 2Br_2 = HgBr_2 + Br_2O$$

–40°C উষ্ণতায় অক্সাইডটি গাঢ় বাদামী রং-এর কঠিন এবং ঐ উষ্ণতাতেই উহা স্থায়ী। সাধারণ উষ্ণতায় উহা বিয়োজিত হইয়া ব্রোমিন ও অক্সিজেন দেয়।



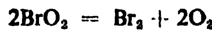
$$2Br_2O = 2Br_2 + O_2$$

উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া অস্থায়ী হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড দ্রবণ উৎপন্ন করে।



$$Br_2O + H_2O = 2HBrO$$

**ব্রোমিন ডাই-অক্সাইড, $BrO_2$।** ব্রোমিন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের উপর শব্দহীন তড়িৎক্ষরণ প্রয়োগ করিয়া এবং মিশ্রণটিকে তরল বায়ুর উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে হলুদ রংয়ের কঠিন পদার্থরূপে $BrO_2$ পাওয়া যায়। যৌগটি –40°C-এর নীচে স্থায়ী হয়। 0°C-এর অধিক উষ্ণতায় ইহা বিয়োজিত হইয়া ব্রোমিন ও অক্সিজেন দেয়।



$$2BrO_2 = Br_2 + 2O_2$$

**ব্রোমিন পার-অক্সাইড, $Br_3O_8$।** অত্যন্ত ক্ষণস্থায়ী এই যৌগটি 0°C-এ নিম্নচাপে বিশুদ্ধ ওজোনও ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হইয়া থাকে।

ইহা সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ এবং –80°C-এর নীচে স্থায়ী হয়। জলে দ্রবীভূত হইয়া ইহা HBr ও ব্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

**হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড, HBrO।** পীত মারকিউরিক অক্সাইড-এর সহিত ব্রোমিন-জল ঝাঁকাইলে হাইপোব্রোমাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$2Br_2 + H_2O + 2HgO = HgO.HgBr_2 + 2HBrO$$

দ্রবণটিকে পরিস্রুত করিয়া 40°C-এ অনুপ্রেষ-পাতন করা হয়। ইহাতে গ্রাহকে অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ (6%) সঞ্চিত হয়।

সিলভার সালফেট ও ব্রোমিন-জল-এর মিশ্রণ পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব।

অ্যাসিডটি অস্থায়ী; মুক্ত ব্রোমিন উৎপন্ন হওয়ার দরুন ইহা হলুদ রং-এর হইয়া থাকে। ইহা একটি জারক-দ্রব্য, বিরঞ্জক দ্রব্যও বটে। দ্রবণে অ্যাসিড নিম্নলিখিত-ভাবে বিয়োজিত হইয়া থাকে।



$$5HOBr = HBrO_3 + 2Br_2 + 2H_2O; \quad 4HOBr = 2Br_2 + O_2 + 2H_2O$$

হাইপোব্রোমাইট লবণসমূহ, যেমন, $NaOBr.5H_2O$, $KOBr,3H_2O$ প্রভৃতিকে NaOH অথবা KOH এর সহিত 0°C-এর নীচে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা গিয়াছে; তবে উহারাও অস্থায়ী।

**ব্রোমাস অ্যাসিড, $HBrO_2$।** অ্যাসিডটি জানা যায় নাই; তবে অস্থায়ী ব্রোমাইটসমূহ হাইপোব্রোমাইট হইতে স্বতঃস্ফূর্তভাবেই উৎপন্ন হইয়া থাকে;



$$2BrO^- = BrO_2^- + Br^-$$

তবে এই ব্রোমাইটসমূহও আবার বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$3BrO_2^- = 2BrO_3^- + Br^-$$

**ব্রোমিক অ্যাসিড, $HBrO_3$।** ব্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণ ক্লোরিক অ্যাসিডের অনুরূপ উপায় অবলম্বনে প্রস্তুত করা যায়। সিলভার ব্রোমেটের উপর ব্রোমিনের দ্রবণের ক্রিয়ার ফলেও ব্রোমিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।



$$5AgBrO_3 + 3Br_2 + 3H_2O = 5AgBr + 6HBrO_3$$

উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে ব্রোমিক অ্যাসিডের দ্রবণ বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$4HBrO_3 = 2Br_2 + 5O_2 + 2H_2O$$

ব্রোমিক অ্যাসিড জারকের কাজ করে এবং উহা $H_2S$ কে সালফারে, HBr কে Br-এ, $SO_2$-কে $H_2SO_4$-এ জারিত করে। যেমন,



$$2HBrO_3 + 5H_2S = Br_2 + 6H_2O + 5S$$

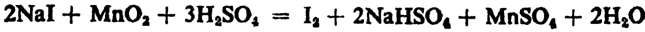
## আয়োডিন

চিহ্ন I, ক্রমাঙ্ক 53, পাঃ গুরুত্ব 126·9

ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$

সমুদ্রের জলে খানিকটা আয়োডাইড লবণ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ এই আয়োডাইড গ্রহণ করিয়া থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ পোড়াইয়া যে ভস্ম পাওয়া যায়, তাহাকে সাধা-রণতঃ কেল্প্ (kelp) বলা হয় এবং বস্তুতঃ ১৮১২ খ্রীষ্টাব্দে এই কেল্প্ হইতেই কুরতয় (Courtois) প্রথমে আয়োডিন আবিষ্কার করেন। সমুদ্র ছাড়াও চিলির উপকূলে যে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচি (caliche) পাওয়া যায় তাহাতেও কিয়ৎ-পরিমাণ সোডিয়াম আয়োডাইড ($NaIO_3$) মিশ্রিত থাকে। জীবদেহের গ্রন্থিতে, বিশেষতঃ থাইরয়ড গ্রন্থিতে, কডলিভার তৈলে, দুধে খুব সামান্য পরিমাণ আয়োডিন আছে।

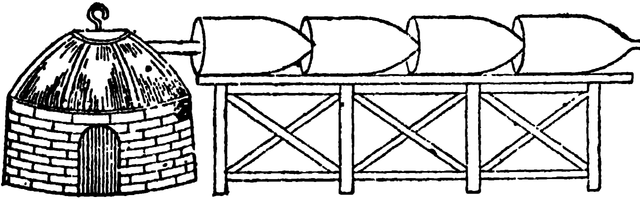
২২-১৮। **প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি।** ল্যাবরেটরীতে আয়োডিন উহার সমগোত্রীয় ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত একই উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলেই আয়োডিন উৎপন্ন হয়। উত্তাপে আয়োডিন সুন্দর বেগুনী রঙের বাষ্পের আকারে পাতিত হইয়া থাকে। শীতল গ্রাহকে আসিয়া উহা উজ্জ্বল কৃষ্ণ স্ফটিকে পরিণত হয়।



$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

**শিল্প-পদ্ধতি :** বহুরকম প্রয়োজনে আয়োডিন ব্যবহৃত হয় বলিয়া অধিক পরিমাণে এই মৌলটি প্রস্তুত করা হয়। এইজন্য বিভিন্ন উপায়ের প্রচলন আছে।

(১) সামুদ্রিক উদ্ভিদের ভস্ম কেল্‌পের ভিতর অন্যান্য লবণের সঙ্গে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম আয়োডাইড আছে। এই ভস্ম জলের সহিত প্রথমে ফুটান হয়, ইহাতে আয়োডাইডগুলি এবং অন্যান্য অনেক লবণ দ্রবীভূত হইয়া যায়। অদ্রব পদার্থগুলি ছাঁকিয়া লইয়া স্বচ্ছ দ্রবণটি যথাসম্ভব গাঢ় করা হয়। শীতল অবস্থায় এই গাঢ় দ্রবণ হইতে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় সালফেট ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণসমূহ কেলাসিত হয়। উহাদিগকে পরিস্রুত করিয়া লইলে যে শেষ দ্রব পাওয়া যায় তাহাতে আয়োডাইড থাকিয়া যায়। এই শেষদ্রব, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হয়। এই ক্রিয়ার ফলে আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে। বাষ্পাকারে



চিত্র ২২-জ। কেল্‌প্‌ হইতে আয়োডিন প্রস্তুতি

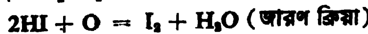
আয়োডিন পাতিত হইয়া থাকে। পাতন-ক্রিয়াটি সাধারণতঃ সীসার ঢাক্‌নীবিশিষ্ট একটি ঢালাই-লোহার বকযন্ত্রে সম্পাদিত হয় এবং উডেল (udells) নামক বোতলাকৃতি সারি সারি শ্রেণীবদ্ধ পাথরের গ্রাহকে আয়োডিন সংগৃহীত হয় ( চিত্র ২২-জ)।



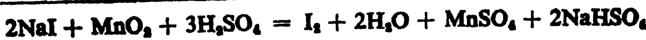
$$MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2O + O$$



$$2NaI + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + 2HI$$



$$2HI + O = I_2 + H_2O \text{ (জারণ ক্রিয়া)}$$



$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + MnSO_4 + 2NaHSO_4$$

(২) চিলির ক্যালিচির ($NaNO_3$) দ্রবণ গাঢ় করিয়া শীতল করিলে উহা হইতে প্রথমে অধিকাংশ সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হইয়া যায়। তাহার পর যে শেষদ্রব পাওয়া যায় তাহাতে কিছু সোডিয়াম আয়োডেট থাকে। ইহাকে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সাল-ফাইটের সহিত মিশ্রিত করিলে আয়োডেট বিজারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়।



$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$$

(৩) কোন কোন পেট্রোলিয়াম-খনিতে প্রথমাবস্থায় অল্লাধিক পেট্রোলিয়াম মিশ্রিত

প্রচুর লবণ-জল পাওয়া যায়, ইহাতে কিয়ৎপরিমাণ আয়োডাইড থাকে। সোডিয়াম নাইট্রাইট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে ইহা হইতে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয়।



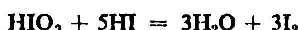
$$2NaNO_2 + 4H_2SO_4 + 2NaI = I_2 + 4NaHSO_4 + 2NO + 2H_2O$$

এই আয়োডিনের পরিমাণ খুব কম বলিয়া উহা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। বলাহিত অঙ্গার (activated charcoal) সাহায্যে উহাকে শোষণ করিয়া লওয়া হয় এবং এই কার্বন ছাঁকিয়া লইয়া ক্ষার-পদার্থের সহিত মিশান হয়। আয়োডিন ক্ষারে দ্রবীভূত হইয়া যায়।



$$3I_2 + 6NaOH = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করিলেই আয়োডিন নির্গত হয়। পরে যথা-রীতি ছাঁকিয়া লইয়া উর্ধ্বপাতন দ্বারা বিশুদ্ধ করা হয়।



$$HIO_3 + 5HI = 3H_2O + 3I_2$$

২২-১৯। **আয়োডিনের ধর্ম।** (১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় আয়োডিন চক্‌চকে ধূসর রংয়ের স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উহার ঘনত্ব ৪·৯। উত্তাপ প্রয়োগে গলিবার বহু পূর্বেই উহা বাষ্পীভূত হইয়া বেগুনী গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং ইহা সহজেই উর্ধ্বপাতিত করা সম্ভব। বেশী উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন গ্যাস বিয়োজিত হইয়া উহার দ্বি-পরমাণুক অণুগুলি এক-পরমাণুক অণুতে পরিণত হয়।



$$I_2 \rightleftharpoons 2I$$

আয়োডিন জলে সামান্য দ্রবণীয়, কিন্তু বিভিন্ন জৈব দ্রাবকে [কোহল, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতিতে] ইহা বেশ দ্রবীভূত হয়।

(২) আয়োডিন অনেক মৌলের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হয় এবং আয়োডাইড উৎপন্ন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে উত্তাপ ব্যতিরেকেই এই সংযোজনা হয়। যেমন ফসফরাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতির সহিত ইহার সংযোগ:



$$2P + 3I_2 = 2PI_3 \qquad I_2 + Cl_2 = 2ICl$$
$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2 \qquad Hg + I_2 = HgI_2$$

যদিও আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য হ্যালোজেনের অনুরূপ, কিন্তু ইহার সক্রিয়তা উহাদের চেয়ে অনেক কম।

ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিনেরও হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি আছে, কিন্তু মাত্রায় অনেক কম। প্লাটিনাম, টান্‌স্টেন্‌ জাতীয় প্রভাবকের উপস্থিতিতে অধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের সংযোগ হয়।



$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

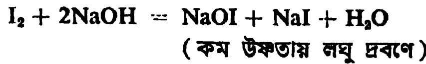
(৩) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে আয়োডিন সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং একটি নূতন যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে।



$$KI + I_2 \rightleftharpoons 2KI_3$$

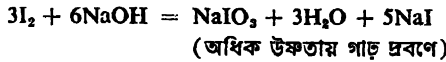
(পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড)

(৪) ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিন ক্ষারপদার্থের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইড ও আয়োডেট লবণের উৎপত্তি করে।



$$I_2 + 2NaOH = NaOI + NaI + H_2O$$

(কম উষ্ণতায় লঘু দ্রবণে)



$$3I_2 + 6NaOH = NaIO_3 + 3H_2O + 5NaI$$

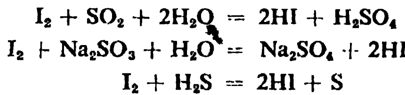
(অধিক উষ্ণতায় গাঢ় দ্রবণে)

হাইপো-আয়োডাইটগুলি অত্যন্ত অস্থায়ী ধরনের এবং সহজেই আয়োডেটে পরিণত হইয়া যায়।



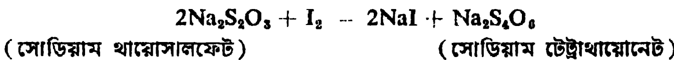
$$3NaOI = NaIO_3 + 2NaI$$

(৫) আয়োডিন মৃদু জারণগুণসম্পন্ন। সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি আয়োডিন দ্বারা সহজেই জারিত হয়।



$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$
$$I_2 + Na_2SO_3 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$$
$$I_2 + H_2S = 2HI + S$$

(৬) সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণের সহিত আয়োডিন সংস্পর্শ মাত্রেই বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেটে পরিণত হইয়া থাকে।



$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

(সোডিয়াম থায়োসালফেট) (সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট)

এই বিক্রিয়াটির সাহায্যেই আয়োডিনের পরিমাণ নির্ধারণ করা হয়।

(৭) আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত করে না। কিন্তু, ক্লোরেট বা ব্রোমেট-এর মধ্যস্থিত ক্লোরিন বা ব্রোমিন আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়া সম্ভব। যথা :



$$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2; \quad 2KBrO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Br_2$$

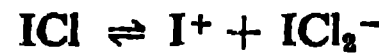
**আয়োডিনের পরীক্ষা :** স্বাভাবিক রং এবং বেগুনী বাষ্পের দ্বারাই আয়োডিনকে চেনা সম্ভব। $CS_2$, $CCl_4$ প্রভৃতি দ্রাবকেও উহা বেগুনী রং ধারণ করে। ইহা ছাড়া, স্টার্চের ক্বাথের সংস্পর্শে আসিলেই ইহা একটি নীল যৌগিকের সৃষ্টি করে। এই পরীক্ষাটিই সচরাচর প্রয়োগ করা হয়। এমন কি, পঞ্চাশ লক্ষ ভাগে এক ভাগ আয়োডিন থাকিলেও ইহা দ্বারা আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা সম্ভব।

**ব্যবহার :** বীজবারক ঔষধ হিসাবে আয়োডিন প্রচুর ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া, KI, $CHI_3$ (আয়োডোফর্ম) প্রভৃতি নিত্যব্যবহার্য আয়োডিন-যৌগ প্রস্তুতিতে আয়োডিনের প্রয়োজন। মৃদু জারকরূপে জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়াতে এবং কোন কোন রঞ্জক-প্রস্তুতিতে আয়োডিন আবশ্যক।

**আয়োডিনের তড়িৎ-ধনাত্মক ধর্ম।** হ্যালোজেন চারিটির মধ্যে ফ্লুরিন সর্বাপেক্ষা অপরাবিদ্যুৎধর্মী। ক্রমাঙ্ক-বৃদ্ধির সঙ্গে এই অপরাবিদ্যুৎধর্মিতা ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে থাকে। এই শ্রেণীর শেষ হ্যালোজেন আয়োডিন যদিও অবশ্যই অধাতু, কিন্তু কোন

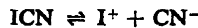
কোন যৌগে উহার পরাধর্মিতা দেখা যায়। ঐসকল যৌগে আয়োডিন $I^+$ অথবা $I^{3+}$ জারণস্তরে থাকে।

**$I^+$-যৌগসমূহ।** ICl-আয়োডিন মনোক্লোরাইড যৌগটি বেশ স্থায়ী। গলিত অবস্থায় উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে ক্লোরিন এবং আয়োডিন উৎসারিত হয়, কিন্তু ক্যাথোডে কেবল আয়োডিন পাওয়া যায়। সুতরাং উহার আয়নন হইবে;



$$ICl \rightleftharpoons I^+ + ICl_2^-$$

আয়োডিন সায়ানাইডও (ICN) পিরিডিন-দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষিত করিলে ক্যাথোডে আয়োডিন পাওয়া যায়; অর্থাৎ



$$ICN \rightleftharpoons I^+ + CN^-$$

$I^+$-আয়নের অনেক সবর্গযোজিত জটিল-যৌগ জানা আছে এবং উহারা যথেষ্ট স্থায়ী; যেমন, $[I(Py)]NO_3$, $[I(Py)_2](NO_3)$, $[I(Py)](ClO_4)$ ইত্যাদি। [Py = পিরিডিন]

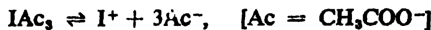
জলীয় দ্রবণে $I^+$-আয়ন পাওয়া দুষ্কর। $I^+$-আয়ন $OH^-$-আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়াতে HOI-রূপে পরিণত হয়।



$$I^+ + OH^- \rightarrow HOI; \qquad 2HOI + OI^- \rightarrow IO_3^- + 2I^- + 2H^+$$

**$I^{3+}$-যৌগসমূহ।** $ICl_3$-আয়োডিন ট্রাইক্লোরাইডকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোড ও অ্যানোড উভয় তড়িৎ-দ্বারেই আয়োডিন ও ক্লোরিন পাওয়া যায়। উহার আয়নন সম্ভবতঃ এইরূপ, $2ICl_3 \rightleftharpoons ICl_2^+ + ICl_4^-$ অর্থাৎ আয়োডিনের জারণ-সংখ্যা, $+3$।

ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে আয়োডিনের বিক্রিয়াতে আয়োডিন অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয়। ইহার সংকেত, $IAc_3$; ইহার তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে আয়োডিন পাওয়া যায়।



$$IAc_3 \rightleftharpoons I^+ + 3Ac^-, \quad [Ac = CH_3COO^-]$$

অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড ও ফসফরিক অ্যাসিডের সঙ্গে আয়োডিনকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলে আয়োডিন ফসফেট, $IPO_4$, পাওয়া যায়। উহাও $I^{3+}$-যৌগ।

ইহা ছাড়া, $[IO)_2SO_4$, $I(ClO_4)_3.2H_2O$, প্রভৃতিও $I^{3+}$- যৌগের উদাহরণ।

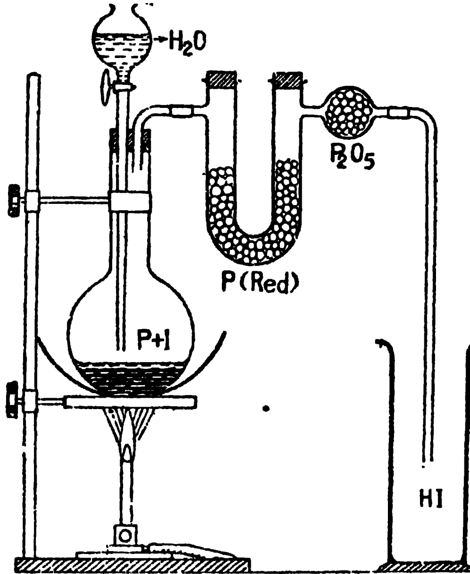
**২২-২০। হাইড্রোজেন আয়োডাইড, HI।** প্রস্তুতি। কোন আয়োডাইডের উপর সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োগে হাইড্রোজেন আয়োডাইড পাওয়া সম্ভব নয়, কারণ হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের মত হাইড্রোজেন আয়োডাইডও সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া যায়।



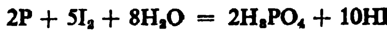
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + SO_2$$

সুতরাং ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করার পদ্ধতিটি হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের অনুরূপ। আয়োডিন ও লাল ফসফরাস উপযুক্ত পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া

লওয়া হয় এবং একটি বিন্দুপাতী-ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা জল এই মিশ্রণে ঢালা হয়। ইহাতে হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং উহা একটি নির্গম-নলদ্বারা কূপী হইতে বাহির হইয়া আসে (চিত্র ২২-ঝ)।




চিত্র ২২-ঝ। হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি



$$2P + 5I_2 + 8H_2O = 2H_3PO_4 + 10HI$$

এই গ্যাসটি যথেষ্ট ভারী। ইহাকে প্রথমে লাল ফসফরাস ও শুষ্ক ফসফরাস পেন্টোক্সাইডের উপর দিয়া পরিচালিত করিয়া (আয়োডিন ও জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করার জন্য) লইয়া বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

**হাইড্রোজেন আয়োডাইডের ধর্ম।** ইহা একটি স্বচ্ছ, বর্ণহীন গ্যাস। সিক্ত বাতাসে ইহা ধূমায়িত হয়। ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণই হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড।

ইহার রাসায়নিক গুণাবলী হাইড্রোক্লোরিক ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের অনুরূপ, কিন্তু ইহা ঐ দুইটি অ্যাসিড অপেক্ষা অনেক সহজেই বিয়োজিত হয়। উত্তাপে ইহা উপাদান মৌল দুইটিতে পরিণত হইতে থাকে।

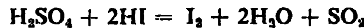


$$2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$$

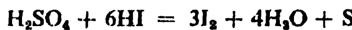
হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড অম্লাত্মক এবং যথারীতি বিভিন্নধাতু ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করে।

হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের বিজারণগুণ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। বহু রকম পদার্থকে ইহা বিজারিত করে এবং সর্বদাই উহা নিজে জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়। কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

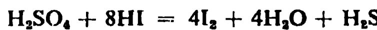
(ক) সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উহার বিভিন্ন প্রকারের বিক্রিয়া হয়।



$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_2$$

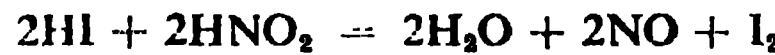


$$H_2SO_4 + 6HI = 3I_2 + 4H_2O + S$$



$$H_2SO_4 + 8HI = 4I_2 + 4H_2O + H_2S$$

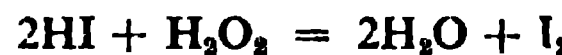
(খ) উহার অন্যান্য বিজারণ ক্রিয়া :



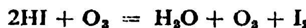
$$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + I_2$$



$$2HI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$$



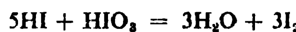
$$2HI + H_2O_2 = 2H_2O + I_2$$



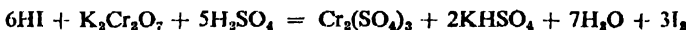
$$2HI + O_3 = H_2O + O_2 + I_2$$



$$4HI + 2CuSO_4 = Cu_2I_2 + 2H_2SO_4 + I_2$$



$$5HI + HIO_3 = 3H_2O + 3I_2$$



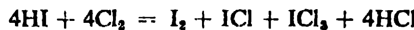
$$6HI + K_2Cr_2O_7 + 5H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 2KHSO_4 + 7H_2O + 3I_2$$



$$10HI + 2KMnO_4 + 4H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2KHSO_4 + 8H_2O + 5I_2$$

বস্তুতঃ, হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বিজারক হিসাবেই ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস ক্লোরিনের সংস্পর্শে আয়োডিন মনোক্লোরাইড এবং ট্রাইক্লোরাইড হয়।



$$4HI + 4Cl_2 = I_2 + ICl + ICl_3 + 4HCl$$

**হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড ও অন্যান্য আয়োডাইডের পরীক্ষা।** নিম্নলিখিত পরীক্ষা-সমূহের সাহায্যে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড ও উহার বিভিন্ন লবণ নির্ণয় সম্ভব :

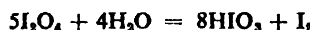
(১) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে এই সমস্ত পদার্থ হইতে আয়োডিন উৎপন্ন হয়। এই সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দিলে আরও সহজে আয়োডিন নির্গত হয়।

(২) আয়োডাইডের দ্রবণে ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ দিলে আয়োডিন নির্গত হয়। উহাকে ক্লোরোফর্মের সহিত ঝাঁকাইয়া লইলে ক্লোরোফর্ম বেগুনী রং ধারণ করে অথবা, স্টার্চ দিলে উহা নীল হইয়া আয়োডিনের অস্তিত্ব নির্দেশ করে।

(৩) আয়োডাইডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট ঢালিলে ঈষৎ পীতাভ সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সিলভার আয়োডাইড অ্যামোনিয়া এবং নাইট্রিক অ্যাসিড উভয়েই অদ্রবণীয়।

২২-২১। **আয়োডিনের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিডসমূহ।** **আয়োডিন ডাই-অক্সাইড, $I_2O_4$।** আয়োডিক অ্যাসিড গাঢ় সালফিউরিকসহ উত্তপ্ত করিলে যে হলুদ পাউডার পাওয়া যায়, জলের সহিত উহার বিক্রিয়া করাইলে ডাই-অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় এই অক্সাইড আয়োডিক অ্যাসিড ও আয়োডিন দেয়।



$$5I_2O_4 + 4H_2O = 8HIO_3 + I_2$$

উত্তাপ প্রয়োগে আয়োডিন ডাই-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া যায়,



$$5I_2O_4 = I_2 + 4I_2O_5$$

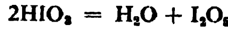
ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় উহা আয়োডাইড ও আয়োডেট উৎপন্ন করে।



$$3I_2O_4 + 6NaOH = NaI + 5NaIO_3 + 3H_2O$$

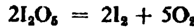
উল্লিখিত ডাই-অক্সাইডকে ক্ষারীয় আয়োডিন আয়োডেট বলিয়া মনে করা যাইতে পারে: $[I^{3+}O][I^{4+}O_3]$

**আয়োডিন পেন্টোক্সাইড, $I_2O_5$।** আয়োডিক অ্যাসিডকে 200°C-এ উত্তপ্ত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা যাইতে পারে।



$$2HIO_3 = H_2O + I_2O_5$$

ইহা সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ এবং জলে দ্রবণীয় এবং জলের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হইয়া যায়। উত্তাপপ্রয়োগে ইহা বিয়োজিত হইয়া আয়োডিন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।



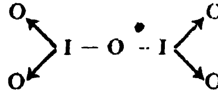
$$2I_2O_5 = 2I_2 + 5O_2$$

আয়োডিন পেন্টোক্সাইডের জারণক্ষমতা বেশ; ইহা $H_2S$-ক সালফারে, CO-কে $CO_2$-এ, HCl-কে $Cl_2$-এ জারিত করে। যেমন,



$$5H_2S + I_2O_5 = 5H_2O + I_2 + 5S \quad || \quad 5CO + I_2O_5 = 5CO_2 + I_2$$

এই অক্সাইডটির গঠন-সংকেত:

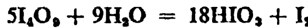


**আয়োডিন অক্সাইড, $I_4O_9$।** আয়োডিন বাষ্পের সহিত 40°C-এ ওজোনযুক্ত অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় এই অক্সাইডটি উৎপন্ন হইয়া থাকে।



$$2I_2 + 3O_3 = I_4O_9$$

ইহা একটি হলুদ রং-এর উদ্‌গ্রাহী কঠিন যৌগ। ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডিক অ্যাসিড ও আয়োডিন দেয়।



$$5I_4O_9 + 9H_2O = 18HIO_3 + I_2$$

উত্তাপ প্রয়োগে ইহা আয়োডিন পেন্টোক্সাইড ও আয়োডিনে বিয়োজিত হইয়া যায়:



$$4I_4O_9 = 6I_2O_5 + 2I_2 + 3O_2$$

ইহাকে আয়োডিন আয়োডাইড মনে করা যাইতে পারে: $I^{3+}[I^{5+}O_3]_3$

**হাইপো-আয়োডাস অ্যাসিড, HIO।** এই অ্যাসিডটি কেবলমাত্র দ্রবণেই স্থায়ী হয়। মারকিউরিক অক্সাইডের উপর আয়োডিন-জলের বিক্রিয়ায় আয়োডাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।



$$2I_2 + H_2O + 2HgO = HgO.HgI_2 + 2HIO$$

অ্যাসিডটি অস্থায়ী এবং উহা দ্রুতই আয়োডিন ও আয়োডিক অ্যাসিডে বিয়োজিত হয়।



$$5HIO = HIO_3 + 2I_2 + 2H_2O$$

ক্ষারধাতুর হাইপোআয়োডাইডগুলি আয়োডিন ও ক্ষারের সোজাসুজি বিক্রিয়ায় পাওয়া যায়।



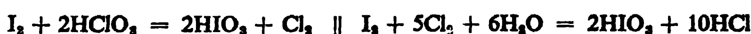
$$I_2 + 2KOH = KI + KIO + H_2O$$

**আয়োডিক অ্যাসিড, $HIO_3$।** আয়োডিনের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ফুটানোর ফলে উহা উৎপন্ন হয়।



$$3I_2 + 10HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$$

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াদ্বারাও আয়োডিক অ্যাসিড প্রস্তুত সম্ভব :



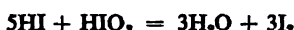
$$I_2 + 2HClO_3 = 2HIO_3 + Cl_2 \quad || \quad I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$$

আয়োডিক অ্যাসিডকে সাদা স্ফটিকাকার পদার্থরূপে (গলনাঙ্ক 110°C) পাওয়া যাইতে পারে। উত্তাপ প্রয়োগে উহা আয়োডিন পেন্টোক্সাইড ও জল দেয়।

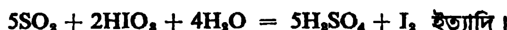


$$2HIO_3 = I_2O_5 + H_2O$$

আয়োডিনের অক্সিঅ্যাসিডসমূহের মধ্যে ইহা সর্বাপেক্ষা স্থায়ী। ইহা শক্তিশালী অ্যাসিড ও জারকদ্রব্যও বটে। এই অ্যাসিডের দ্রবণের সংস্পর্শে নীললিটমাস কাগজ প্রথমে লাল হয় ও পরে বিরঞ্জিত হইয়া যায়। জিঙ্ক, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় উহা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। তাছাড়া, S, P, CO, $SO_2$, HI প্রভৃতি পদার্থকে ইহা জারিত করে। যেমন,



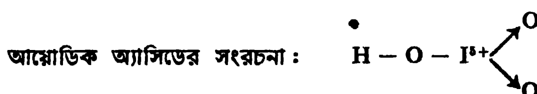
$$5HI + HIO_3 = 3H_2O + 3I_2$$



$$5SO_2 + 2HIO_3 + 4H_2O = 5H_2SO_4 + I_2$$ ইত্যাদি।

আয়োডিক অ্যাসিডের আর একটি ধর্ম হইল, উহার দ্বি-লবণ গঠন; যেমন, $KIO_3.HIO_3$, $KIO_3.2HIO_3$ ইত্যাদি।

আয়োডিক অ্যাসিডের সংরচনা :



$$H - O - I^{5+} \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O \end{matrix}$$

আয়োডেট লবণগুলি সচরাচর উষ্ণ ক্ষারের সঙ্গে আয়োডিনের বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।



$$3I_2 + 6KOH = KIO_3 + 5KI + 3H_2O$$

**পারআয়োডিক অ্যাসিড, $H_5IO_6$।** নিম্নতাপমাত্রায় লেড পারঅক্সাইড অ্যানোড এবং প্লাটিনাম ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া আয়োডিক অ্যাসিডের তড়িৎ-জারণ (electrolytic oxidation) করিলে পারআয়োডিক অ্যাসিড স্ফটিক পাওয়া যায়। অথবা, সোডিয়াম আয়োডেট হইতেও ক্লোরিন-জলের জারণদ্বারা নিম্ন-প্রক্রিয়ার সাহায্যে উহা পাওয়া যায়।



$$NaIO_3 + Cl_2 + 3NaOH = Na_2H_3IO_6 + 2NaCl$$

সোডিয়াম পারআয়োডেট



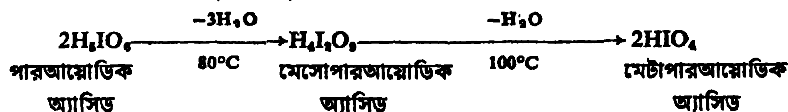
$$Na_2H_3IO_6 + 3AgNO_3 = Ag_3IO_5 + 2NaNO_3 + HNO_3 + H_2O$$

সিলভার মেসোপারআয়োডেট



$$4Ag_3IO_5 + 6Cl_2 + 10H_2O = 4H_5IO_6 + 12AgCl + 3O_2$$

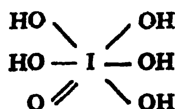
পারআয়োডিক অ্যাসিডকে শূন্য চাপে তাপিত করিলে প্রথমে মেসোপারআয়োডিক অ্যাসিড এবং তারপর (100°C) মেটাপারআয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2H_5IO_6 \xrightarrow[80^\circ C]{-3H_2O} H_4I_2O_9 \xrightarrow[100^\circ C]{-H_2O} 2HIO_4$$

পারআয়োডিক অ্যাসিড — মেসোপারআয়োডিক অ্যাসিড — মেটাপারআয়োডিক অ্যাসিড

পারআয়োডিক অ্যাসিডের সংরচনা :



**২২-২২। আন্তঃহ্যালোজেন যোগসমূহ (Interhalogen compounds)।** দুইটি হ্যালোজেন পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অনেকগুলি যৌগ গঠন করে, ইহাদিগকে বলা হয় 'আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ'। এই যৌগগুলি প্রধানতঃ চার রকমের এবং উহাদের সাধারণ সংকেত, $XY$, $XY_3$, $XY_5$, এবং $XY_7$। এখানে X এবং Y দুই বিভিন্ন হ্যালোজেন। এই যৌগসমূহের তালিকা দেওয়া হইল:

| সংকেত | যৌগের উদাহরণ |
|---|---|
| $XY$ : | ClF, BrF, BrCl, ICl, IBr |
| $XY_3$: | $ClF_3$, $BrF_3$, $ICl_3$ |
| $XY_5$: | $BrF_5$, $IF_5$ |
| $XY_7$: | $IF_7$ |

XY-যৌগগুলি প্রায়ই দুইটি হ্যালোজেনের সরাসরি সংযোগে উৎপন্ন হয়। আর উচ্চতর যৌগগুলি XY-এর সঙ্গে অতিরিক্ত হ্যালোজেন সংযোগে পাওয়া যায়; যথা,



$$ICl + Cl_2 = ICl_3$$

ইহাদের মধ্যে যে পরমাণুটির ক্রমাঙ্ক অধিক উহা কেন্দ্রে থাকে এবং অপর হ্যালোজেনের পরমাণুগুলি সমযোজ্যতায় উহার সঙ্গে বিধৃত থাকে। ফ্লুরিন পরমাণুর আয়তন ছোট হওয়াতে উহাই সর্বাপেক্ষা বেশী যোজিত হয়।

মুক্ত হ্যালোজেনের মতই এই যৌগগুলির জারণগুণ দেখা যায়। উহারা জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়;



$$XY + H_2O = H^+ + Y^- + HOX$$

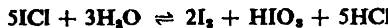
ক্ষারধাতুর হ্যালাইডের সঙ্গে পলিহ্যালাইড গঠন করে,



$$NaBr + IBr = NaIBr_2$$

সাধারণ তাপমাত্রায় এই পদার্থগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে, অপেক্ষাকৃত ভারী যৌগগুলি তরল বা কঠিনাকারে পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে আয়োডিন মনোক্লোরাইড এবং ট্রাইক্লোরাইডের গুরুত্বই অধিক।

**আয়োডিন মনোক্লোরাইড, ICl।** আয়োডিনের উপর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস পরিচালনা করিয়া গাঢ় লাল রংয়ের তরল আয়োডিন মনোক্লোরাইড পাওয়া যায়। ইহার দুইটি রূপভেদ আছে; α-ICl (গলনাঙ্ক, 27.2°C) এবং β-ICl (গলনাঙ্ক, 13.9°C)। ইহা জলে দ্রবিত হইয়া ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



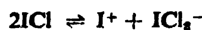
$$5ICl + 3H_2O \rightleftharpoons 2I_2 + HIO_3 + 5HCl$$

কিন্তু গাঢ় HCl-এর সঙ্গে উহা যুত-যৌগিকে স্থায়িত্ব লাভ করে।



$$ICl + HCl \rightleftharpoons H[ICl_2]$$

আয়োডিন মনোক্লোরাইড তরল অবস্থায় বিদ্যুৎ-পরিবাহী,



$$2ICl \rightleftharpoons I^+ + ICl_2^-$$

তেল ও চর্বির আয়োডিন-সংখ্যা নির্ণয়ে ICl ব্যবহার করা হয়।

**আয়োডিন ট্রাইক্লোরাইড, $ICl_3$।** আয়োডিন মনোক্লোরাইড এবং অতিরিক্ত ক্লোরিনের সংযোগে উহার ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$ICl + Cl_2 \rightleftharpoons ICl_3$$

হলুদ উদ্‌গ্রাহী স্ফটিকাকারে উহা পাওয়া যায়। উত্তাপে উহা বিযোজিত হইয়া যায়। গাঢ় HCl-এর সঙ্গে উহা ক্লোরোআয়োডিক অ্যাসিডের কেলাস গঠন করে,



$$HCl + ICl_3 = H[ICl_4]$$

জলে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে;



$$2ICl_3 + 3H_2O = ICl + HIO_3 + 5HCl$$

**হ্যালোজেন মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা।** ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন---VIIB-উপশ্রেণীর এই চারিটি মৌলের মধ্যে যথেষ্ট সাদৃশ্য বিদ্যমান। উহাদের প্রায় সমস্ত ধর্মই অনুরূপ। কেবল ফ্লুরিন অত্যধিক সক্রিয় বলিয়া উহার কতকগুলি বিশেষ রাসায়নিক ধর্ম দেখা যায়। এই সকল ধর্মের মাত্রা অবশ্য পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত বাড়িতে বা কমিতে থাকে। ইহারা সকলেই অধাতব মৌল, সুতরাং অপরাবিদ্যুৎগুণসম্পন্ন মৌলিক পদার্থ। ফ্লুরিন সর্বাপেক্ষা তড়িৎ-ঋণাত্মক (electronegative) মৌল; এই অপরাবিদ্যুৎগুণ ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত ক্রমপর্যায়ে হ্রাস পাইতে থাকে। প্রত্যেকটি হ্যালোজেনই জারণগুণবিশিষ্ট এবং বিরঞ্জকরূপে কাজ করে। পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই গুণগুলি কমিয়া যায়। উহাদের হাইড্রোজেন যৌগসমূহের মধ্যেও যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। নিম্নে উহাদের প্রধান প্রধান ভৌতধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল। সক্রিয় বলিয়া মৌলগুলিকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

| ধর্ম | ফ্লুরিন | ক্লোরিন | ব্রোমিন | আয়োডিন |
|---|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 9 | 17 | 35 | 53 |
| বহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস | $2s^2 2p^5$ | $3s^2 3p^5$ | $4s^2 4p^5$ | $5s^2 5p^5$ |
| পাঃ গুরুত্ব | 19 | 35·5 | 80 | 127 |
| ঘনত্ব, গ্রা/মিলি, লি, | 1·108 (স্ফুটনাঙ্কে) | 1·57 (স্ফুটনাঙ্কে) | 3·14 | 4·942 (কঠিন) |
| গ্যাসীয় অবস্থায় বর্ণ | ঈষৎ পীত | ঈষৎ সবুজ-পীত | বাদামী-লাল | বেগুনী |
| গলনাঙ্ক (°C) | —219·62 | —102·4 | —7·2 | 113·6 |
| স্ফুটনাঙ্ক (°C) | —187·9 | —34 | 58·2 | 184·5 |
| তড়িৎ-ঋণাত্মকতা | 4·0 | 3·0 | 2·8 | 2·5 |
| পাঃ ব্যাসার্ধ Å | 0·72 | 0·99 | 1·14 | 1·33 |

স্পষ্টতঃই পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত হ্যালোজেন মৌলসমূহের ঘনত্ব, পারমাণবিক আয়তন, গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পাইতে থাকে। গ্যাসীয় অবস্থায় ইহারা সকলেই

দ্ব্যনুক এবং গ্যাসের বর্ণও বিভিন্ন হইয়া থাকে। জলে ইহাদের দ্রাব্যতা ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত কমিতে থাকে। এই দ্ব্যনুক মৌলগুলির স্থায়িত্ব ক্রমাঙ্ক-বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পায়। ফ্লুরিন 1100°C-এও খুব সামান্য বিয়োজিত হয়, কিন্তু আয়োডিন 300°C উষ্ণতায় যথেষ্ট বিয়োজিত হয়; $I_2 \rightleftharpoons 2I$।

ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য উল্লেখযোগ্য। তবে বিভিন্নক্ষেত্রে ফ্লুরিনের বৈসাদৃশ্যও অগ্রাহ্য করিবার উপায় নাই। নিম্নোক্ত আলোচনা হইতে উহার একটি ধারণা পাওয়া যাইবে।

(ক) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া: সমস্ত হ্যালোজেনই 'HX' অ্যাসিড উৎপাদন করে। ফ্লুরিনের সহিত বিস্ফোরণপূর্বক সংযোগ সাধিত হয় এবং HF উৎপন্ন হয়। ক্লোরিনের সহিত তীব্র আলোকপাতে বিস্ফোরণ হয় বটে, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ধীরে ধীরে HCl গঠিত হয়। তাপের সাহায্যে ব্রোমিন হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া HBr দেয়; $H_2$ ও আয়োডিন হইতে তাপ ও প্রভাবক সাহায্যে আংশিক পরিমাণে HI অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব। উল্লিখিত হাইড্রাসিডগুলির স্থায়িত্ব HF হইতে আরম্ভ করিয়া HI পর্যন্ত কমিতে থাকে কিন্তু উহাদের বিজারণগুণ পর পর বাড়িতে থাকে। যৌগগুলি সমযোজী কিন্তু জলীয় দ্রবণে উহারা অধিকমাত্রায় আয়নিত হয়।

এই হ্যালোজেন অ্যাসিডগুলিতেও ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ক্রম পরিবর্তন বিশেষ লক্ষণীয়। আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বিযোজন-তাপ কমিতে থাকে এবং উহাদের স্থায়িত্বও হ্রাস পায়। সাধারণ অবস্থায় HF তরল; অন্যান্য HX বর্ণহীন গ্যাস।

| | HF | HCl | HBr | HI |
|---|---|---|---|---|
| গলনাঙ্ক °C | −83 | −111 | −87 | −51 |
| স্ফুটনাঙ্ক °C | 19·4 | −85 | −66·7 | −35·4 |
| 0°C-এ জলে দ্রাব্যতা, g/lit | — | 823 | 2212 | 2483 |
| বিযোজন-তাপ (cals) | 38500 | 22000 | 8000 | − 6000 |

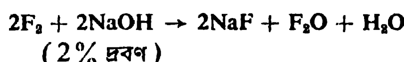
(খ) জলের উপর বিক্রিয়া: $F_2$-এর সহিত সাধারণ তাপমাত্রার বিক্রিয়ায় HF ও ওজোনযুক্ত অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সূর্যালোকে ক্লোরিন জলকে বিযোজিত করিয়া আস্তে আস্তে HCl এবং $O_2$ গ্যাসে পরিণত হইতে থাকে। একইভাবে ব্রোমিন HBr ও $O_2$ দেয়। আয়োডিনের সহিত জলের কোনও বিক্রিয়া নাই।

(গ) জৈব পদার্থের সহিত বিক্রিয়া: ফ্লুরিনের সহিত বিক্রিয়ায় জৈব যৌগটি বিনষ্ট হইয়া থাকে। সাধারণতঃ ক্লোরিন ও ব্রোমিন হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে। আয়োডিনের সহিত কোন ক্রিয়া দেখা যায় না।

(ঘ) ধাতুর সহিত বিক্রিয়া: সকল ধাতুই ফ্লুরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়; উহা প্রজ্বলিত হইয়া থাকে এবং উহাদের ফ্লুরাইড গঠিত হয়। ক্লোরিনদ্বারাও সকল ধাতু আক্রান্ত হয়, অধিকাংশই প্রজ্বলিত হইয়া থাকে এবং উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অধিকাংশ ধাতুই ব্রোমিনদ্বারা আক্রান্ত হয় এবং উহাদের ব্রোমাইড পাওয়া যায়। আয়োডিন ও অনেক ধাতু সরাসরি মিলিত হইয়া উহাদের আয়োডাইড দেয়।

অধাতুর সহিত বিক্রিয়া—নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ব্যতীত সকলেই ফ্লুরিন ও ক্লোরিনদ্বারা আক্রান্ত হয়। ব্রোমিনের সহিত আবার সিলিকনও বিক্রিয়া করিতে পারে না। আয়োডিন কেবলমাত্র ফসফরাস, আর্সেনিক, অন্যান্য হ্যালোজেনসমূহের সহিত যুক্ত হয়।

(ঙ) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া—ক্ষারের দ্রবণের মাত্রা অনুসারে হ্যালোজেনগুলি দুইভাবে বিক্রিয়া করে। লঘুদ্রবণে, ফ্লুরিনের সহিত বিক্রিয়ায় ফ্লুরাইড, ফ্লুরিন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2F_2 + 2NaOH \rightarrow 2NaF + F_2O + H_2O$$
(2% দ্রবণ)

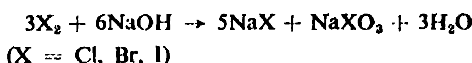
কিন্তু ক্লোরিনের সহিত এরূপ বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়।



$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$$

ব্রোমিনের ও আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়ায়ও একইভাবে যথাক্রমে ব্রোমাইড, হাইপো-ব্রোমাইট ও আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট উৎপন্ন হইয়া থাকে।

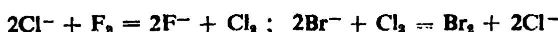
ক্ষারের গাঢ় দ্রবণের সহিত ফ্লুরিনের বিক্রিয়ায় ফ্লুরাইড, অক্সিজেন ইত্যাদি পাওয়া যায়। কিন্তু অন্যান্য হ্যালোজেন-আইড ও-এট লবণ উৎপন্ন করিয়া থাকে। উহা একটি সাধারণ সমীকরণদ্বারা দেখান যাইতে পারে—



$$3X_2 + 6NaOH \rightarrow 5NaX + NaXO_3 + 3H_2O$$
$$(X = Cl, Br, I)$$

উদাহরণস্বরূপ ক্লোরিনের বেলায় ক্লোরাইড ও ক্লোরেট উৎপন্ন হইতেছে।

(চ) প্রতিস্থাপন ক্ষমতা: ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ হইতে ফ্লুরিন যথাক্রমে $Cl_2$, $Br_2$ ও $I_2$ উৎপন্ন করিতে পারে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রেই ক্লোরাইড উৎপন্ন হইবে। ক্লোরিন, ব্রোমাইডও ও আয়োডাইড লবণ হইতে যথাক্রমে $Br_2$ ও $I_2$ উৎপন্ন করিয়া উহাদের ক্লোরাইড গঠন করিয়া থাকে। আর ব্রোমিন কেবলমাত্র আয়োডাইড হইতে আয়োডিন উৎপন্ন করিয়া থাকে। আয়োডিনের এরূপ বিক্রিয়া হয় না। স্পষ্টতঃই পারমাণবিক গুরুত্বের ক্রমহ্রাসের সহিত এই ঘটনা সম্পর্কিত।



$$2Cl^- + F_2 = 2F^- + Cl_2\ ;\ \ 2Br^- + Cl_2 = Br_2 + 2Cl^-$$

(ছ) অক্সি-অ্যাসিড গঠন-ক্ষমতা: ফ্লুরিন ভিন্ন অন্যান্য হ্যালোজেন মৌলগুলি HOX ও $HXO_3$-এই সাধারণ সংকেতবিশিষ্ট অক্সি-অ্যাসিড গঠন করিয়া থাকে। ক্লোরিন ও আয়োডিনের বেলায় পার-হ্যালিক অ্যাসিড ($HXO_4$) জানা আছে। অক্সি-অ্যাসিডগুলির স্থায়িত্ব ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত পর পর বাড়িতে থাকে। হ্যালিক ও পারহ্যালিক অ্যাসিডসমূহ জারকদ্রব্য; উহাদের জারণক্ষমতা ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত পর পর কমিতে থাকে।

এই অক্সি-অ্যাসিডগুলিতে স্পষ্টতঃই হ্যালোজেনদ্বয়ের বিভিন্ন যোজ্যতা বা জারণ-স্তর নির্দেশ করে। হ্যালোজেন পরমাণু সচরাচর একটি ইলেকট্রন পাইলেই উহার অষ্টক পূর্ণ করে এবং তখন উহার জারণস্তর $-1$ হয়। কিন্তু অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে জারণস্তর $+1$ হইতে $+7$ হইতে পারে।

| জারণ স্তর | $+1$ | $+3$ | $+5$ | $+7$ |
|---|---|---|---|---|
| অক্সি-অ্যাসিড | $HOCl$ | $HClO_2$ | $HClO_3$ | $HClO_4$ |
| | $HOBr$ | $HBrO_2$ | $HBrO_3$ | — |
| | $HOI$ | $HIO_2$ | $HIO_3$ | $HIO_4$, $H_5IO_6$,... |

(জ) আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ: দুইটি হ্যালোজেন মৌল পরস্পর আন্তঃহ্যালোজেন (যেমন, $ICl$, $ICl_3$, $IF_5$, $IF_7$, $ClF$, $BrCl$ ইত্যাদি) গঠন করিয়া থাকে। হ্যালোজেন-গুলির পলি-হ্যালাইড যেমন, $KI_3$, $KICl_4$, $KBrI_2$ ইত্যাদি জানা রহিয়াছে।

প্রসঙ্গতঃ, ফ্লুরিনের সহিত অন্যান্য হ্যালোজেনসমূহের উল্লেখযোগ্য বৈসাদৃশ্যগুলিও বলা যাইতে পারে।

(১) অন্যান্য হাইড্রাসিডগুলির তুলনায় $HF$ খুবই মৃদু অম্ল, সাধারণ অবস্থায় তরল। কারণ উহা হাইড্রোজেন-বন্ধনীদ্বারা সংগুণিত (associated) অবস্থায়, $(HF)_6$, থাকে। $HF$, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত দ্বি-ফ্লুরাইড $KF.HF$ গঠন করিয়া থাকে। অন্যান্য হ্যালোজেন অ্যাসিড এরূপ নয়।

(২) $AgF$ জলে দ্রাব্য কিন্তু অন্যান্য হ্যালোজেনগুলির সিলভার লবণ ($AgCl$, $AgBr$, $AgI$) অদ্রাব্য। অপরদিকে, $CaCl_2$, $CaBr_2$, $CaI_2$ সকলেই জলে দ্রাব্য অথচ, $CaF_2$ অদ্রাব্য।

(৩) ফ্লুরিন ও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড উভয়েই কাচকে আক্রমণ করে কিন্তু অন্যান্য হ্যালোজেন বা উহাদের হাইড্রাসিডগুলির ঐরূপ ধর্ম নাই।

(৪) ফ্লুরিন মনোক্সাইড ভিন্ন অপরাপর সকল যৌগেই ফ্লুরিন একযোজী; অন্যান্য হ্যালোজেনগুলি বিশেষতঃ অক্সাইড গঠনের বেলায় বিভিন্ন যোজ্যতা (ক্লোরিনের বেলায় $+1$ হইতে $+7$; ব্রোমিনের বেলায় $Br_2O$, $BrO$, $Br_3O_8$; আয়োডিনের বেলায় $I_2O_4$, $I_2O_5$, $I_4O_9$ ইত্যাদি) প্রদর্শন করিয়া থাকে।

(৫) আধুনিককালে দেখা গিয়াছে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যে সমস্ত যৌগ গঠন করানো সম্ভব হইয়াছে, বিশেষতঃ জিননের সহিত, তাহার অধিকাংশ ফ্লুরিনের সঙ্গে (যথা, $XeF_2$, $XeF_4$, $XeF_6$, $Xe[PtF_6]_2$ ইত্যাদি)। অন্যান্য হ্যালোজেনের সহিত ঐরূপ যৌগ-গঠনের কথা এখনও পর্যন্ত জানা নাই।

## অনুশীলনী

১। ফ্লুরিন প্রস্তুত করার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। অন্যান্য হ্যালোজেনের সঙ্গে ফ্লুরিনের ধর্মের পার্থক্য কি?

২। ক্লোরিনের অক্সি-অ্যাসিডগুলি কিরূপে তৈয়ারী করা হয়? উহাদের ধর্মগুলি এবং আণবিক সংরচনা কিরূপ আলোচনা কর।

৩। ক্লোরিনের অক্সাইডগুলি কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের ধর্মের এবং উহাদের আণবিক গঠনের বর্ণনা কর।

৪। ক্লোরিনের অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিডসমূহের বিবরণ দাও।

৫। হ্যালোজেন চতুষ্টয়ের একটি তুলনামূলক সমালোচনা কর। পর্যায় সারণীতে উহার অবস্থান সম্পর্কে কি যুক্তি আছে?

৬। হ্যালোজেন মৌলগুলি এবং উহাদের প্রধান যৌগগুলি তুলনা করিয়া একটি প্রবন্ধ লিখ।

৭। ল্যাবরেটরীতে $HCl$ এবং $HI$ কি ভাবে তৈয়ারী করা হয়? জিঙ্ক, ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট, কস্টিক সোডা, নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে $HCl$ কিরূপ বিক্রিয়া করে সমীকরণসহ লিখ।
$HBr$ এবং $HI$-এর মধ্যে পার্থক্য কিভাবে ধরা যায়?

৮। চিলি সল্ট-পিটার হইতে আয়োডিন নিষ্কাশনে কি কি রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রয়োজন হয় বর্ণনা কর।
আয়োডিন হইতে (ক) আয়োডিক অ্যাসিড, (খ) পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং (গ) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড কিভাবে পাওয়া যাইবে? সমীকরণ দাও।
পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে নেস্‌লার-দ্রবণ পাওয়ার উপায় কি?

৯। আয়োডিন প্রস্তুত করার শিল্প-পদ্ধতি বর্ণনা কর। বিশুদ্ধ আয়োডিন কিরূপে পাওয়া যাইবে?
কোন অবস্থায় এবং কিরূপে নিম্নোক্ত পদার্থগুলি আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করিবে? (ক) $KOH$-দ্রবণ (খ) ক্লোরিন (গ) পটাসিয়াম ক্লোরেট (ঘ) হাইড্রোজেন সালফাইড (ঙ) সালফার

পরিচ্ছেদ ২৩

# অষ্টম শ্রেণীর মৌল

## আয়রণ, কোবাল্ট, নিকেল

পর্যায় সারণীর অষ্টম শ্রেণীর খানিকটা অভিনবত্ব আছে। এই শ্রেণীতে প্রথম দুই পর্যায়ে অন্যান্য শ্রেণীর মত কোন আদর্শ মৌল নাই। কিন্তু পরবর্তী পর্যায়গুলিতে তিনটি করিয়া মৌলকে একত্র স্থান দেওয়া হইয়াছে। অন্য কোন শ্রেণীতে এ রকম দেখা যায় না। বস্তুতঃ চতুর্থ পর্যায়ে আয়রণ, কোবাল্ট, নিকেল এই তিনটিকে একত্র একই শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। রীতি অনুযায়ী এই তিনটি মৌলকে পরপর তিন শ্রেণীতে বসান দরকার। তাহা হইলে কোবাল্ট ও নিকেলের স্থান হইবে যথাক্রমে IB এবং IIB শ্রেণীতে কিন্তু উহাদের সঙ্গে এই মৌল দুইটির সাদৃশ্য তত নাই। তদুপরি উহাদের পরবর্তী ক্রমাঙ্কের মৌলের জন্য উপযুক্ত স্থান আর পাওয়া সম্ভব নয়। ইহাছাড়া, এই তিনটি মৌলের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের এত প্রবল সাদৃশ্য যে উহাদের ভিন্ন শ্রেণীতে স্থান দেওয়া সম্ভব নয়। এই কারণেই এই তিনটিকে একই শ্রেণীতে একত্র অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে। শুধু তাই নয়, ইহার পরবর্তী পর্যায়গুলিতেও তিনটি করিয়া মৌলকে একত্র অষ্টম শ্রেণীতে স্থান দিতে হইয়াছে, পঞ্চম পর্যায়ে, Ru, Rh, Pd এবং ষষ্ঠ পর্যায়ে, Os, Ir এবং Pt। এই সকল ত্রয়ী-মৌলদের মধ্যে পারস্পরিক মিল খুবই বেশী। এইরূপ ত্রয়ী-মৌলের একত্র সন্নিবেশ সারণীর একটি অপরিহার্য প্রয়োজন।

তদুপরি অষ্টম শ্রেণীর এই মৌলত্রয়গুলির সঙ্গে উহাদের পূর্ববর্তী VIIA এবং পরবর্তী IB উপশ্রেণীর মৌলদের সঙ্গে পর্যায়-নীতিগত ক্রম-পরিবর্তন লক্ষণীয়।

| পর্যায়/শ্রেণী | VIIA | VIII | IB |
|---|---|---|---|
| 4 | Mn (25) | Fe(26) Co(27) Ni(28) | Cu (29) |
| 5 | Tc (43) | Ru(44) Rh(45) Pd(46) | Ag (47) |
| 6 | Re (75) | Os(76) Ir(77) Pt(78) | Au (79) |

মেণ্ডেলিফ অষ্টম শ্রেণীর এই সকল মৌলকে কতকগুলি বিশিষ্ট ধর্মের জন্য এবং পারস্পরিক খুব ঘনিষ্ঠতা থাকার জন্য নামকরণ করিয়াছিলেন সন্ধিগত মৌল। এখন দেখা গিয়াছে, ঐ সকল ধর্ম, যেমন পরিবর্তনশীল যোজ্যতা, বর্ণাঢ্য যৌগ, জটিল-আয়ন সৃষ্টির প্রবণতা, উহাদের পরবর্তী এবং পূর্ববর্তী আরও মৌলের মধ্যেও দেখা যায়। এইজন্য 'সন্ধিগত মৌলের' পরিধি আরও বিস্তার লাভ করিয়াছে। চতুর্থ পর্যায়ে Sc হইতে Zn পর্যন্ত সব কয়টি মৌলই 'সন্ধিগত মৌল' গোষ্ঠির অন্তর্গত। এইরূপ পঞ্চম এবং ষষ্ঠ পর্যায়েও 'সন্ধিগত মৌলের' তালিকা রহিয়াছে। এখানে প্রতীক হিসাবে আমরা কেবলমাত্র আয়রণ, কেবাল্ট ও নিকেল এই তিনটি মৌলের বিষয়ে আলোচনা করিতেছি।

**২৩-১। আয়রণ, কোবাল্ট এবং নিকেলের তুলনা।** পর্যায় সারণীর অষ্টম শ্রেণীতে অবস্থিত এই তিনটি মৌল সন্নিগত মৌলগোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত। শুধু পর্যায় সারণীতে নয়, প্রকৃতিতেও উহাদের প্রায়ই একই সঙ্গে অবস্থান করিতে দেখা যায়, বিশেষতঃ সালফাইড, আর্সেনাইড, সিলিকেটরূপে। অবশ্য আয়রণের অক্সাইড খনিজও প্রচুর দেখা যায়। তিনটি মৌলই ধাতব এবং প্রত্যেককেই উহাদের অক্সাইডের কার্বন বা কার্বন মনোক্সাইডের দ্বারা বিজারণ করিয়া প্রস্তুত করা হয়। ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য এই তিনটি মৌলের মধ্যে খুবই অধিক। তন্মধ্যে অবার কোবাল্ট ও নিকেল খুবই ঘনিষ্ঠ। আয়রণের ধর্মের কিছু কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায় এবং পূর্ববর্তী শ্রেণীর ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজের সঙ্গে উহার ধর্মের অনেকটা মিল আছে। মৌলত্রয়ের ভৌত-ধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল:

| ধর্ম | আয়রণ | কোবাল্ট | নিকেল |
|---|---|---|---|
| ক্রমাঙ্ক | 26 | 27 | 28 |
| পাঃ গুরুত্ব | 55·85 | 58·94 | 58·69 |
| পা: ব্যাসার্ধ (A°) | 1·17 | 1·16 | 1·15 |
| পা: আয়তন (c.c.) | 7·1 | 6·67 | 6·59 |
| ঘনত্ব (গ্রাম/c.c.) | 7·86 | 8·7 | 8·9 |
| বহিস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস | $3d^6 4s^2$ | $3d^7 4s^2$ | $3d^8 4s^2$ |
| গলনাঙ্ক, °C | 1528° | 1490° | 1452° |
| স্ফুটনাঙ্ক, °C | 2735° | 2900° | 2730° |
| আয়নিক ব্যাসার্ধ (A°) | | | |
| $M^{++}$ | 0·83 | 0·82 | 0·78 |
| $M^{+++}$ | 0·67 | 0·65 | — |
| তড়িৎ-দ্বার বিভব (V) | +0·44 | +0·277 | +0·25 |

[illegible] সাধারণভাবে বলা যায়: (১) প্রত্যেকটি মৌলেরই যথেষ্ট কাঠিন্য, উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক রহিয়াছে, (২) পা: আয়তন প্রত্যেকেরই বেশ কম, (৩) বিশুদ্ধ অবস্থায় সকলেই উজ্জ্বল চক্‌চকে সাদা ঘাতসহ ও প্রসার্যমান ধাতু এবং উহারা চুম্বকধর্মী, আয়রনে চুম্বকত্ব সর্বাধিক, (৪) সব কয়টি মৌলই (অথবা উহাদের অক্সাইড) বিভিন্ন বিক্রিয়াতে অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়, (৫) প্রত্যেকটিই বিচূর্ণ অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসকে অন্তঃধৃত করিতে পারে।

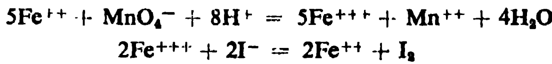
রাসায়নিক ধর্মের ক্ষেত্রেও তিনটি মৌলের মধ্যে খুবই সাদৃশ্য দেখা যায়। (১) প্রত্যেকেরই একাধিক যোজ্যতা আছে:

| | আয়রণ | কোবাল্ট | নিকেল |
|---|---|---|---|
| যোজ্যতা | 2, 3, 6 | 2, 3, 4 | 2, 3, 4 |

ইহাদের মধ্যে দ্বিযোজী এবং ত্রিযোজী যৌগসমূহই প্রধান। ফেরিক ($Fe^{+++}$) লবণ ফেরাস লবণ ($Fe^{++}$) অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী। কোবাল্ট ও নিকেলের ক্ষেত্রে দ্বিযোজী

যৌগের স্থায়িত্বই বেশী। নিকেলের ত্রিযোজী লবণ পাওয়া যায় না। $Ni(OH)_3$ অবশ্য জানা আছে।

(২) পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকার জন্য এই সন্ধিগত মৌলদের লবণ জারক ও বিজারকরূপে ব্যবহার করে। যেমন,



$$5Fe^{++} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{+++} + Mn^{++} + 4H_2O$$
$$2Fe^{+++} + 2I^- = 2Fe^{++} + I_2$$

(৩) এই মৌল তিনটির বিদ্যুৎ-পরাধর্মিতা ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে কমিতে থাকে (তড়িৎ-দ্বার বিভব দ্রষ্টব্য); Fe → Co → Ni। সমস্ত রাসায়নিক ধর্মেই এই ক্রমান্বয়তা দেখা যায়। উহারা সকলেই লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে সক্ষম। এই বিক্রিয়ার তীব্রতাও Fe → Co → Ni-এ ক্রমান্বয়ে কমিতে থাকে।

(৪) স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় উত্তপ্ত অবস্থায় আয়রণ $Fe_3O_4$-এ পরিণত হয়, কিন্তু কোবাল্ট ও নিকেল উহাদের দ্বিযোজী অক্সাইড NiO, CoO দেয়।

আর্দ্র বাতাসেই আয়রণের উপরে মরিচা পড়ে কিন্তু কোবাল্ট ও নিকেলের তাহা হয় না। উত্তপ্ত করিলে অবশ্য কোবাল্ট ও নিকেলেরও অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(৫) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সান্নিধ্যে তিনটি মৌলেরই 'নিষ্ক্রিয় অবস্থা' দেখা যায়।

(৬) ক্লোরিন গ্যাসের সঙ্গে উত্তপ্ত অবস্থায় আয়রণ ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দেয়, কিন্তু কোবাল্ট এবং নিকেল দ্বিযোজী ক্লোরাইড $CoCl_2$, $NiCl_2$ দেয়।

ফেরাস ও ফেরিক ক্লোরাইডের সোদক $FeCl_2$ এবং $FeCl_3, 6H_2O$ পাওয়া যায়, কিন্তু কোবাল্ট ও নিকেলের ক্লোরাইড $CoCl_2, 6H_2O$ এবং $NiCl_2, 6H_2O$।

এই সকল ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া শোষণ করে এবং যুতযৌগিকে পরিণত হয়;

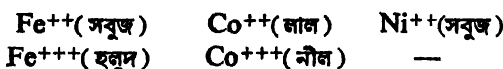


$$FeCl_2, 6NH_3\ ;\ COCl_2\ 6NH_3\ ;\ NiCl_2, 6NH_3$$

(৭) প্রত্যেকটি ধাতুই MO জাতীয় ক্ষারীয় অক্সাইড গঠন করে। ত্রিযোজী অক্সাইড-গুলির সংকেত $M_2O_3$; যথা $Fe_2O_3$, $Co_2O_3$, $Ni_2O_3$, ইহারাও ক্ষারীয়। তাহা ছাড়া $Fe_3O_4$, $Co_3O_4$ এইরূপ মিশ্র-অক্সাইডও হয়।

(৮) উহাদের প্রত্যেকের সালফাইডই কালো রংয়ের এবং ক্ষারদ্রবণে $H_2S$ পরিচালিত করিলে অধঃক্ষিপ্ত হয়। FeS অ্যাসিডে দ্রাব্য, কিন্তু CoS এবং NiS কোন একটি অ্যাসিডে দ্রব হয় না।

(৯) সন্ধিগত মৌল হওয়াতে উহাদের যৌগগুলি বিভিন্ন বর্ণের। উহাদের বিভিন্ন আয়নের বর্ণ;



| | | |
|---|---|---|
| $Fe^{++}$(সবুজ) | $Co^{++}$(লাল) | $Ni^{++}$(সবুজ) |
| $Fe^{+++}$(হলুদ) | $Co^{+++}$(নীল) | — |

(১০) উহাদের প্রত্যেকের সালফেট একই রকমের এবং সংকেত, $MSO_4.7H_2O$। যেহেতু আয়নগুলির ব্যাসার্ধ প্রায় সমান, সেইজন্য উহারা সমাকৃতিক।

নাইট্রেট লবণগুলির সর্বক্ষেত্রেই সংকেত $M(NO_3)_2, 6H_2O$।

(১১) তিনটি ধাতুই কার্বনমনোক্সাইডের সঙ্গে কার্বনিল গঠন করে। যথা, $Ni(CO)_4$, $Fe(CO)_5$ ইত্যাদি। তন্মধ্যে $Ni(CO)_4$ উদ্বায়ী, অন্যান্যগুলি কঠিনাকার।

(১২) জটিল আয়ন গঠন করা সন্ধিগত মৌলের বৈশিষ্ট্য। এই তিনটি মৌলই তাহা করে। উহাদের জটিল সায়ানাইড বিশেষ উল্লেখযোগ্য; যেমন, $K_4[Fe(CN)_6]$, $K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Co(CN)_6]$ ইত্যাদি। নিকেলের জটিল সায়ানাইড অবশ্য $K_2[Ni(CN)_4]$।

অন্যান্য জটিল-যৌগও আছে; যথা, $K_3[Fe(CNS)_6]$, বা $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$ ইত্যাদি। এই সব কারণেই তিনটি মৌলকে এক গোষ্ঠীভুক্ত মনে করা হয় এবং একই শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

**২৩-২। ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রণের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা।** Cr, Mn, Fe—এই তিনটি মৌলের মধ্যে বিভিন্ন বিষয়ে অনেক সাদৃশ্য বর্তমান। পর্যায় সারণীর চতুর্থ পর্যায়ের VIA-শ্রেণীতে Cr, VIIA-তে Mn পরে VIII-এ আছে Fe। ইহারা সকলেই সন্ধিগত মৌল আর একই আনুভূমিক পর্যায়ে উপস্থিতির দরুন ক্রমান্বয়তা সত্ত্বেও ইহাদের মধ্যে এক বিশেষ সাদৃশ্য পরিদৃশ্যমান। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ করা যাইতে পারে, অন্যান্য পর্যায়ে ঠিক ইহাদের নীচে নীচে অবস্থিত মৌলগুলির মধ্যে ও পরস্পর একইরূপ সাদৃশ্য বর্তমান; যেমন, Mo, Tc, Ru; W, Re, Os। যাহা হউক, উহাদের ভৌত ও রাসায়নিকধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য উল্লেখ করা যাইতে পারে।

**ভৌত ধর্মের সাদৃশ্য:** (১) ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, আয়রণের প্রত্যেকেরই উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক রহিয়াছে। (২) ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ বিশুদ্ধ অবস্থায় চক্‌চকে সাদা রং-এর ,আর আয়রণ ধূসর আভাযুক্ত সাদা ধাতু। (৩) ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ সমচুম্বকীয় ধাতু; আয়রণ চৌম্বকীয় পদার্থ। (৪) উহাদের প্রত্যেকেরই কাঠিন্য বর্তমান। (৫) উহাদের প্রত্যেকেই সন্ধিগত মৌলগোষ্ঠীভুক্ত; ধাতুগুলিকে বা উহাদের অক্সাইডকে বিচূর্ণ অবস্থায় বিভিন্ন বিক্রিয়ায় অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

**রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য:** (১) ধাতুগুলির প্রত্যেককেই বাতাসে উত্তপ্ত করিলে উহাদের অক্সাইড গঠিত হইয়া থাকে। বিচূর্ণ অবস্থায় সবগুলি ধাতুই অক্সিজেনে সুন্দরভাবে জ্বলিয়া থাকে।

(২) তিনটি মৌলেরই রঙীন যৌগ জানা আছে। যেমন, Cr-সবুজ, Mn-বেগুনী, Fe-হলুদ ও সবুজ যৌগসমূহ গঠন করিয়া থাকে।

(৩) প্রত্যেকেই অন্ততঃ দুই জাতীয় যৌগ গঠন করে; যথা: আস্-$Cr^{2+}$, $Mn^{2+}$, $Fe^{2+}$; ইক-$Cr^{3+}$, $Mn^{3+}$, $Fe^{3+}$।

(৪) উহাদের সকলেই স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।



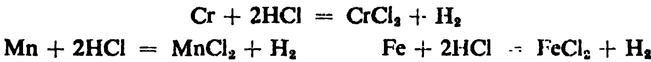
$$2Cr + 3H_2O = Cr_2O_3 + 3H_2$$



$$Mn + 2H_2O = Mn(OH)_2 + H_2 \qquad 3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

(৫) উত্তপ্ত অবস্থায় ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রণ কার্বন, সালফার, ও ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে। উত্তপ্ত অবস্থায় কেবলমাত্র ম্যাঙ্গানিজই নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে।

(৬) তিনটি মৌলই লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন দেয়।



$$Cr + 2HCl = CrCl_2 + H_2$$

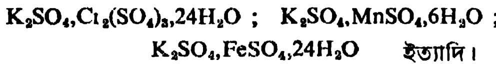
$$Mn + 2HCl = MnCl_2 + H_2 \qquad Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

(৭) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ক্রোমিয়াম ও আয়রণ নিষ্ক্রিয় হইয়া পড়ে। তবে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কেবলমাত্র ম্যাঙ্গানিজই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া থাকে।



$$Mn + 2HNO_3 = Mn(NO_3)_2 + H_2$$

(৮) ধাতু তিনটির সালফেট অ্যামোনিয়াম বা ক্ষার ধাতুর সালফেটের সহিত দ্বি-লবণ উৎপন্ন করিতে পারে। যেমন,



$$K_2SO_4,Cr_2(SO_4)_3,24H_2O \ ; \ K_2SO_4,MnSO_4,6H_2O \ ;$$

$$K_2SO_4,FeSO_4,24H_2O$$ ইত্যাদি।

(৯) তিনটি ধাতুই, জটিল সায়ানাইড গঠন করে ; যথা, ক্রোমো ও ক্রোমি-সায়ানাইড, ম্যাঙ্গানো ও ম্যাঙ্গানি-সায়ানাইড, ফেরো ও ফেরি-সায়ানাইড লবণ। উহাদের সাধারণ সংকেত হইবে, যথাক্রমে



$$K_4[M^{II}(CN)_6], \quad K_3[M^{III}(CN)_6] \quad (M \rightarrow Cr, Mn, Fe)$$

## আয়রণ (লৌহ)

চিহ্ন, Fe পাঃ গুরুত্ব, 55.85 ক্রমাঙ্ক, 26

ইলেকট্রন বিন্যাস, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

পৃথিবীর লৌহভাণ্ডার বিপুল। অ্যালুমিনিয়াম ব্যতীত অন্য কোন ধাতুই এত প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় না। ভূ-ত্বকের ওজনের প্রায় শতকরা 4.12 ভাগ লৌহ।

লৌহের ব্যবহার প্রাগ্‌-ঐতিহাসিক যুগ হইতেই চলিয়া আসিতেছে। কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থায় ধাতুরূপে লৌহ বিশেষ দেখা যায় না। ধাতুময় উল্কাপিণ্ডের ভিতরেই যেটুকু লৌহ পাওয়া যায় কেবল তাহাই মৌলরূপে থাকে। প্রকৃতি-লব্ধ অন্যান্য সমস্ত লৌহই যৌগাবস্থায় থাকে। পরিমাণে বেশী হইলেও উহার খনিজ আকরিকের সংখ্যা অধিক নহে। উহার প্রধান প্রধান আকরিক হইল—ম্যাগনেটাইট, $Fe_3O_4$ ; হিমাটাইট বা লোহাপাথর, $Fe_2O_3$ (কখন কখন ইহা সোদক-অবস্থাতেও থাকে, $Fe_2O_3.xH_2O$) ; স্প্যাথিক লৌহ-খনিজ, $FeCO_3$ ; আয়রণ-পাইরাইটিস বা লৌহমাক্ষিক, $FeS_2$। প্রাণীদেহের রক্তের লাল-কণিকা হিমোগ্লোবিনে এবং উদ্ভিদের সবুজ অংশে লৌহঘটিত যৌগ আছে।

লৌহ উৎপাদনে ভারতের ভূমিকা উল্লেখযোগ্য। পৃথিবীর উৎকৃষ্ট শ্রেণীর হিমাটাইট আকরিক ভারতেই পাওয়া যায়। বিহার, উড়িষ্যা, মধ্যপ্রদেশ, অন্ধ্রপ্রদেশ, মহীশূর ও পশ্চিমবঙ্গে লৌহখনি রহিয়াছে।

আমরা সাধারণতঃ যে সমস্ত লোহা বা লোহার জিনিস দেখি, উহারা বিশুদ্ধ লৌহ নয়। সর্বদাই লোহার সহিত সামান্য পরিমাণ কার্বন ও অন্যান্য মৌল মিশ্রিত থাকে। লোহার ধর্ম ও প্রকৃতি মিশ্রিত কার্বনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। সুতরাং কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী লৌহকে মোটামুটি তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে—

(১) **কাস্ট-আয়রন (Cast Iron) বা ঢালাই-লোহা** (2 ~ 4.5 %C)

(২) **স্টীল (Steel) বা ইস্পাত** (0.15 ~ 1.5 %C)

(৩) **রট-আয়রন (Wrought Iron) বা পেটা-লোহা** (0.1 ~ 0.25 %C)

প্রায় সমস্ত লৌহই উহার অক্সাইড খনিজ ম্যাগনেটাইট ও হিমাটাইট হইতে উৎপাদন করা হয়। কখন কখন কার্বনেট-আকরিক ব্যবহৃত হয়। কিন্তু গন্ধকযুক্ত আকরিক-গুলি লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয় না।

খনিজ হইতে প্রথমে যে লৌহ নিষ্কাশিত হয় তাহাই 'কাস্ট-আয়রন'। স্টীল ও ও রট-আয়রন কাস্ট-আয়রন হইতে প্রস্তুত হয়।

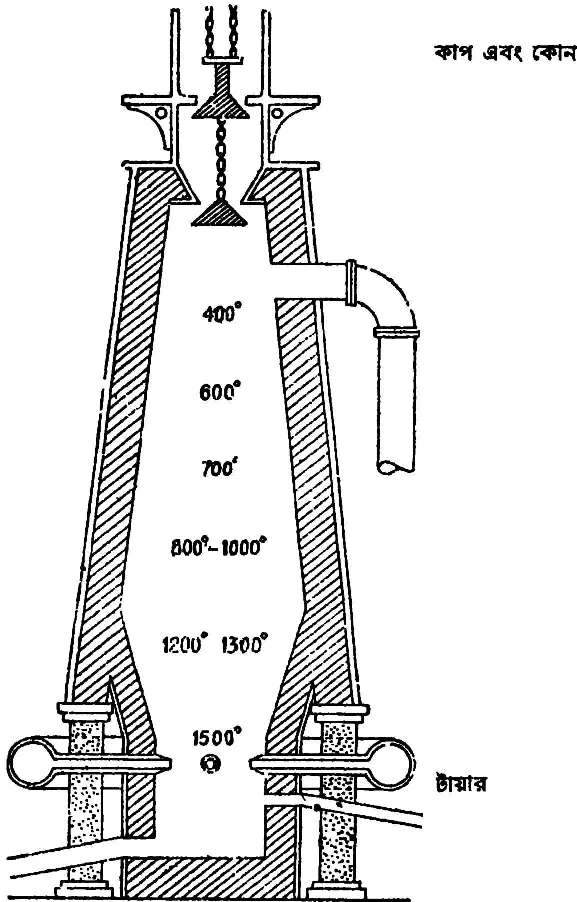
**২৩-৩। কাস্ট-আয়রণ প্রস্তুতি।** প্রখর তাপে অক্সাইড-খনিজগুলিকে কার্বন ও কার্বন-মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া লৌহধাতুতে পরিণত করা হয়। লৌহ-উৎপাদনের ইহাই মূল কথা। দুইটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে এই নিষ্কাশন সম্পাদিত হয়—(১) ভস্মীকরণ এবং (২) বিগলন।

**ভস্মীকরণ।** একত্র-স্তূপীকৃত খনিজগুলিকে অল্প কয়লা পোড়াইয়া বাতাসের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহার জন্য বড় বড় চুল্লী ব্যবহৃত হয়। তাপিত হওয়ার ফলে আকরিকের সহিত সংশ্লিষ্ট জল এবং কার্বন-ডাইঅক্সাইড নির্গত হইয়া যায় এবং খনিজ পাথরগুলি অনেকটা হাল্‌কা ও ঝাঁঝরা হয়। যদি আকরিকের ভিতর কোন ফেরাস-যৌগ থাকে তাহাও জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

**বিগলন।** অতঃপর ঝাঁঝরা খনিজগুলিকে কোক ও চুনাপাথরের সহিত মিশাইয়া মারুত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে খনিজ পদার্থটি বিজারিত হয় এবং গলিত লৌহ নিষ্কাশিত হইয়া আসে।

**মারুত-চুল্লী।** লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুত-চুল্লীগুলি আয়তনে খুব বড় এবং দেখিতে চিম্‌নীর মত (চিত্র ২৩ ক)। এই চুল্লীগুলি পুরু ইস্পাতের পাত জুড়িয়া তৈয়ারী করা হয়। শতাধিক ফিট উঁচু চুল্লীর সমস্ত অংশের পরিধি সমান নহে, মাঝখানের অংশটি অপেক্ষাকৃত মোটা। এই (20′ ~ 25′) প্রশস্ত অংশটিকে চুল্লীর 'বস্‌' (Bosh) বলে। বস্‌ হইতে চুল্লীটি নীচের দিকে পুনরায় ক্রমশঃ সরু হইয়া যায়। ইস্পাতের ভিতরের দিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকার খুব পুরু একটি আস্তরণ থাকে। চুল্লীর অধোদেশে এবং উহার চতুর্দিকে কয়েকটি শক্ত এবং মোটা নল সংযুক্ত থাকে। এই নলগুলিকে 'টায়ার' (Tuyers) বলে। ইহাদের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু চালিত হয়। টায়ারেরও নীচে চুল্লীর নিম্নতম প্রকোষ্ঠটি থাকে এবং উৎপন্ন লৌহ ও ধাতুমল উহাতে সঞ্চিত হয়। উপাদান-সমূহ প্রবেশ করানোর জন্য চুল্লীর উপরে 'কাপ অ্যাণ্ড কোন' (cup and cone) নামক একটি বিশেষ অর্গল ব্যবস্থা আছে। ইহার সাহায্যে খনিজ প্রভৃতি দেওয়ার সময় ভিতরের তপ্ত-গ্যাস এই পথে বাহির হইতে পারে না। চুল্লীর গ্যাসসমূহ যাহাতে বাহির হইতে পারে সেইজন্য উপরের দিকে অপর একটি নির্গম-পথ থাকে। বস্‌ হইতে

আরম্ভ করিয়া চুল্লীর নীচের অংশের চারিদিকে শীতল জলপ্রবাহের ব্যবস্থা করা হয়, যাহাতে প্রখর তাপে চুল্লীটির কোন ক্ষতি না হয়।

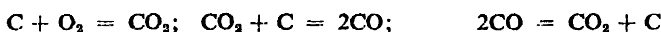



চিত্র ২৩-ক। মারুত চুল্লী

ঝাঁঝরা খনিজ, কোক এবং চুনাপাথর ছোট ছোট বিদ্যুৎ-চালিত গাড়ীতে ভরিয়া চুল্লীর উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং 'কাপ অ্যাণ্ড কোন' সরঞ্জামের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করানো হয়। উপাদানগুলি নিম্নোক্ত ওজনের অনুপাতে দেওয়া হয়; খনিজ : কোক : চুনাপাথর $= 5 : 2 : 1$। এই পদার্থগুলি এমন ভাবে দেওয়া হয় যাহাতে চুল্লীর প্রায় $\frac{4}{5}$ অংশ সব সময়েই ভরা থাকে। সঙ্গে সঙ্গে টায়ারের সাহায্যে উত্তপ্ত শুষ্ক বায়ু প্রচুর পরিমাণে চুল্লীর অধোদেশে প্রবেশ করানো হয়। প্রায় দুই অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে এবং 700°C উষ্ণতায় এই বাতাস প্রবেশ করে। উত্তপ্ত বায়ুর সাহায্যে কোক প্রজ্জ্বলিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং প্রচুর উত্তাপের

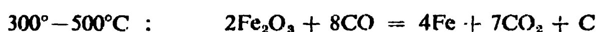
সৃষ্টি করে। ফলে অভ্যন্তরস্থ পদার্থগুলি অত্যন্ত তাপিত হইয়া উঠে। চুল্লীর সর্বত্র উষ্ণতা সমান থাকে না। 'বস' এবং উহার নিম্নাংশে উষ্ণতা সর্বাধিক, প্রায় 1500°C। 'বস' হইতে উপরের দিকে উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং চুল্লীর গলার কাছে উষ্ণতা 300°-400°C থাকে। তপ্ত বায়ুপ্রবাহ সর্বদাই চলিতে থাকে।

এই সকল উষ্ণতায় আয়রন-অক্সাইডের সহিত কার্বন ও কার্বন-মনোক্সাইডের নানারূপ বিক্রিয়া ঘটে এবং ধাতব লৌহ উৎপন্ন হইতে থাকে। চুল্লীর নীচের দিক হইতে যেহেতু উত্তপ্ত বায়ুস্রোত প্রবাহিত করানো হয়, অত উচ্চ উষ্ণতায় কোক পুড়িয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। লোহিত-তপ্ত কোকের সহিত বিক্রিয়ায় উহা কার্বন মনোক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। তবে কিছুটা কার্বন-মনোক্সইড 'বসের' নিকটে আসিয়া কয়লার সংস্পর্শে আবার বিয়োজিত হইতে পারে।



$$C + O_2 = CO_2; \quad CO_2 + C = 2CO; \quad 2CO = CO_2 + C$$

এখন এই কার্বন-মনোক্সাইড, যখন ঝাঁঝরা খনিজ নীচের দিকে নামিতে থাকে তখন বিক্রিয়া করে এবং উহাকে ধাতব লৌহে পরিণত করে। উষ্ণতার পার্থক্যহেতু এই বিজারণক্রিয়া বিভিন্ন সমীকরণদ্বারা প্রকাশ করা যাইতে পারে—



$$300°-500°C: \quad 2Fe_2O_3 + 8CO = 4Fe + 7CO_2 + C$$



$$Fe_2O_3 + CO = 2FeO + CO_2$$



$$600°-900°C: \quad Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$





$$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2; \quad FeO + CO = Fe + CO_2$$

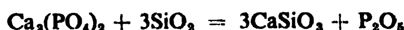
অর্থাৎ 'বসের' উপরেই অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতাতেই কঠিন আয়রণ অক্সাইড বিজারিত হইয়া যায়। বিজারণের ফলে উৎপন্ন লৌহ এই উষ্ণতায় গলে না, কিন্তু কোমল ও ঝাঁঝরা অবস্থায় থাকে। 'বসের' দিকে ক্রমশঃ অগ্রসর হওয়ার ফলে উষ্ণতা বৃদ্ধি-হেতু এই বিজারণ ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়া যায় এবং উৎপন্ন লৌহ গলিত অবস্থায় পরিণত হয়। আয়রণ অক্সাইডের বিজারণ ছাড়া আরও অবশ্য প্রয়োজনীয় একটি বিক্রিয়া চুল্লীর উপরি-ভাগেই সংঘটিত হয়। তাহা হইল—কাঁচামালের সহিত যে চুনাপাথর যোগ করা হয়, উহা প্রথমে বিয়োজিত হইয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। চুন, খনিজের সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম-সিলিকেটে পরিণত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে ক্যালসিয়ামের সিলিকেট গলিয়া যায়। ইহা অন্যান্য সিলিকেট ও খনিজের অন্যান্য আবর্জনা শোষণ করিয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে।





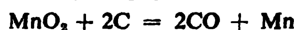
$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \quad CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

চুল্লীর নিম্নাংশে 1400°C-এ খনিজের সঙ্গে মিশ্রিত $MnO_2$ সিলিকা, ফসফেট ইত্যাদিও বিজারিত হয় এবং মৌলপদার্থগুলি উৎপন্ন হয়। যেমন,

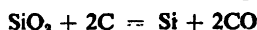


$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$





$$P_2O_5 + 5C = 5CO + 2P \quad MnO_2 + 2C = 2CO + Mn$$



$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

কোন আয়রণ-সালফাইড থাকিলে উহাও বিজারিত হইয়া যায়,

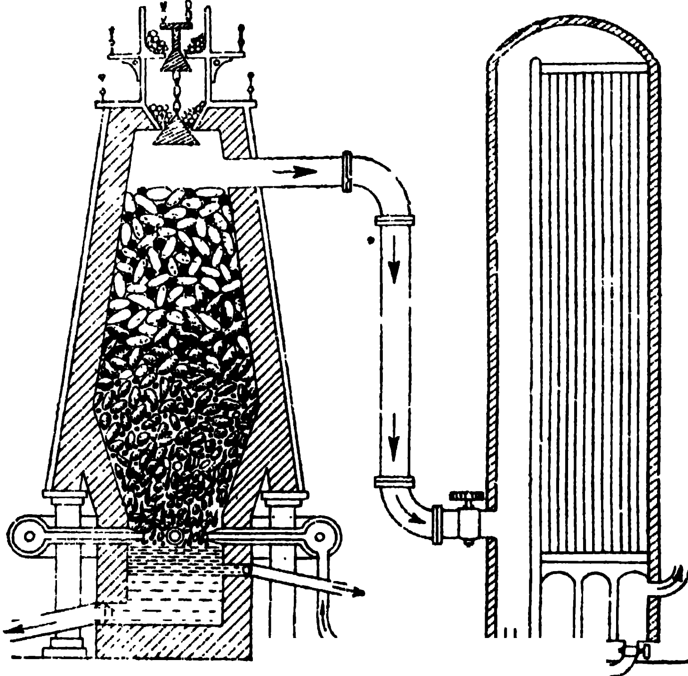


$$FeS + CaO + C = CaS + CO + Fe$$

বিজারিত মৌলগুলি এবং কিয়ৎপরিমাণ কার্বন (Si,P,Mn ইত্যাদি) গলিত লৌহে

দ্রবিত থাকে এবং কখন কখন কিছু আয়রণ ফসফাইড, সিলিসাইড ($Fe_3P, FeSi...$) ইত্যাদিও উৎপন্ন হয়। অন্যান্য যে সকল যৌগ থাকে তাহা ক্যালসিয়াম সিলিকেটের সঙ্গে মিশিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। লৌহ ও ধাতুমল উভয়েই গলিত অবস্থায় নিম্নস্থ গভীর প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয়। ধাতুমল লৌহ অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা ,সুতরাং উহা লৌহের উপরে ভাসিতে থাকে। দুইটি নির্গম-নলের সাহায্যে এই দুইটি পদার্থকে পৃথকভাবে বাহির করিয়া লওয়া হয়। গলিত লৌহকে ঠাণ্ডা করিয়া বড় বড় তাল বা পিণ্ড করা হয়। উহাকে 'কাস্ট-আয়রন' অথবা ঢালাই লোহা বলে। ইহাতে মোটামুটি কার্বন ($2\sim4{\cdot}5\%$ ভাগ) থাকে। তৎসহ ম্যাঙ্গানিজ ($0{\cdot}8\%$ ভাগ), সিলিকন ($1\text{-}1{\cdot}8\%$ ভাগ) এবং ফসফরাসও ($0{\cdot}10\%$ ভাগ) দ্রবীভূত থাকে। ধাতুমল বা গাদ গৃহাদিনির্মাণে, সিমেন্ট-প্রস্তুতিতে এবং আরও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়।

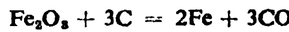
মারুত চুল্লী হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহাতে প্রধানতঃ $CO$, $N_2$ এবং $CO_2$ থাকে। উহাতে প্রচুর মূল্যবান তাপশক্তি থাকে। একটি যান্ত্রিক ব্যবস্থা অথবা স্টোভের সাহায্যে এই তাপশক্তি উদ্ধার করিয়া টায়ারের বায়ুকে তাপিত করার জন্য ব্যবহার করা হয়। তাপ পুনরুদ্ধারের এই ব্যবস্থাকে বলে 'কাউপার স্টোভ'। সুউচ্চ লোহার সিলিণ্ডারের ভিতরে ইঁটের সারি সাজান থাকে। সিলিণ্ডারের গায়েও অগ্নিসহ মাটির প্রলেপ থাকে। নির্গত গ্যাসের তাপে কয়েক মিনিটেই ইঁটগুলি শ্বেততপ্ত হইয়া ওঠে। তখন তপ্ত গ্যাসকে অন্য সিলিণ্ডারে পাঠাইয়া এই সিলিণ্ডারে শীতল বায়ু প্রবাহিত করা হয় (চিত্র ২৩ খ)। ঠাণ্ডা বাতাস উত্তপ্ত হইয়া ওঠে এবং উহাকে টায়ারের



চিত্র ২৩-খ। মারুত-চুল্লীতে লৌহ-উৎপাদন

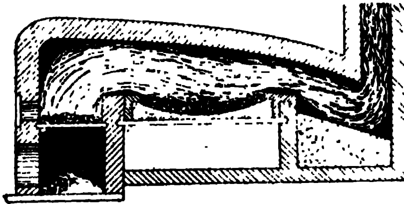
মধ্যে সঞ্চালিত করা হয়। স্টোভ তখন ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং উহাতে আবার তপ্ত-গ্যাস দেওয়া হয়। এই ভাবে শীতল বায়ু ও তপ্ত গ্যাস বারবার পরিবর্তন করিয়া স্টোভের সাহায্যে তাপশক্তিকে কাজে লাগান হয়।

**২৩-৪। রট-আয়রণ প্রস্তুতি।** 'কাস্ট আয়রণে' লৌহ ব্যতীত অন্যান্য যে সকল মৌল থাকে সেগুলিকে যথাসাধ্য দূরীভূত করিলেই 'রট-আয়রণ' পাওয়া সম্ভব। কাস্ট-আয়রণের সহিত অব্যবহার্য লোহার টুকরা ইত্যাদি মিশাইয়া উহাকে একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে গলানো হয়। এই চুল্লীতে একটি হিমাটাইট বা ফেরিক অক্সাইডের আস্তরণ থাকে। সালফার, ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন প্রভৃতি প্রথমে ফেরিক অক্সাইড দ্বারা জারিত হয় এবং তৎপর আয়রণ-অক্সাইডের সহিত মিশিয়া ধাতুমল উৎপাদন করে। উপর হইতে এই গাদটিকে সরাইয়া লওয়া হয়। কার্বন, ফেরিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কার্বন-মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়া বাহির হইয়া যায়।



$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

যাহাতে সমস্ত অপদ্রব্যগুলি ফেরিক অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিয়া দূরীভূত হয় সেইজন্য দীর্ঘ লৌহদণ্ডের সাহায্যে গলিত লৌহকে ক্রমাগত নাড়ানো হয়। ইহাই Puddling process নামে পরিচিত। আবর্জনা পৃথক হইয়া যাওয়াতে লৌহের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং উহা পিণ্ডাকারে ক্রমশঃ কঠিন হইতে থাকে। এই অবস্থাতেই প্রায় 40 Kg. ওজনের এক একটি ডেলা বলের আকারে লইয়া স্টীম-চালিত যন্ত্রের সাহায্যে চাপ দিয়া অভ্যন্তরস্থ গাদ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এই ভাবে 'রট-আয়রণ' প্রস্তুত হয়। ইহা বিশুদ্ধতর লৌহ বটে, কিন্তু ইহাতে সামান্য পরিমাণ কার্বন (0·25%) ও ধাতুমল মিশ্রিত থাকে (চিত্র ২৩-গ)।



চিত্র ২৩-গ। Puddling চুল্লী

**২৩-৫। ইস্পাত বা স্টীল প্রস্তুতি।** সচরাচর স্টীলের ভিতর কার্বন 0·5-1·5 ভাগ থাকে। সুতরাং প্রয়োজনানুরূপ কার্বন রট-আয়রণে মিশাইয়া অথবা কাস্ট-আয়রণ হইতে সরাইয়া লইলে স্টীল পাওয়া যাইতে পারে। বিভিন্ন উপায়ে উহা সম্পন্ন করা হয়।

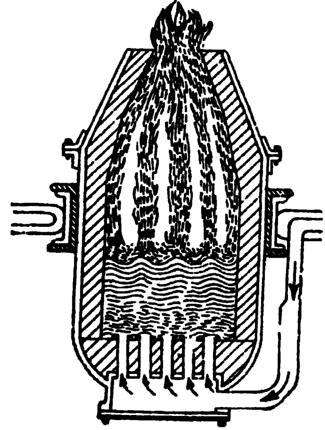
(ক) **সিমেন্টেসন প্রণালী (Cementation process)।** বড় বড় রট-আয়রণের টুকরাগুলিকে অগ্নিসহ-ইঁটের বাক্সে কোকচূর্ণের ভিতর রাখিয়া চুল্লীতে লোহিত-তপ্ত করা হয়। এইভাবে প্রায় দুই সপ্তাহ থাকিলে লৌহ খানিকটা কার্বন শোষণ করে এবং উত্তম স্টীলে পরিণত হয়। ব্যয়সাধ্য বলিয়া বিশেষ প্রয়োজন ব্যতীত এই পদ্ধতি অবলম্বিত হয় না।

কিন্তু সাধারণ প্রয়োজনের সমস্ত স্টীলই কাস্ট-আয়রণ হইতে বিসিমার অথবা সিমেন্স-মার্টিন প্রণালীতে প্রস্তুত হয়। এই উভয় পদ্ধতিতেই প্রথমে কাস্ট-আয়রণের অপদ্রব্য-গুলিকে জারিত করিয়া দূর করা হয় এবং পরে যতটা আবশ্যক ততটা কার্বন এবং অন্যান্য ধাতু মিশ্রিত করিয়া উহাকে স্টীলে পরিণত করা হয়।

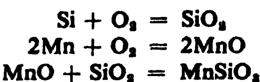
অল্প লৌহের সহিত কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি নির্দিষ্ট পরিমাণে মিশাইয়া গলান হয়। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয় এবং ইহাকে 'স্পাইজেল' (Spiegel) বলে। বিশুদ্ধতর লৌহের সহিত প্রয়োজনানুযায়ী পরিমাণে এই স্পাইজেল মিশাইয়া স্টীলের ভিতর ইচ্ছানুরূপ মাত্রায় কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি রাখা যায়।

(খ) **বিসিমার প্রণালী** (Bessemer's Process)। বিসিমার-পদ্ধতির আদি-প্রচলন ভারতবর্ষে। বিসিমার সাহেব মাদ্রাজের লৌহকারদের নিকট ইহা শিক্ষা করেন এবং গত শতাব্দীর মধ্যভাগে ইংলণ্ডে নিজের নামানুসারে ইহার প্রবর্তন করেন।

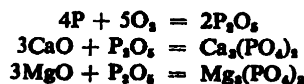
এই পদ্ধতিতে স্টীল প্রস্তুত করিতে একটি বিশেষ ধরনের চুল্লী (চিত্র ২৩-ঘ) ব্যবহৃত হয়। এই চুল্লীকে 'বিসিমার কনভারটার' বলে। এই কনভারটার ইস্পাত বা পেটা-লোহার তৈয়ারী এবং দেখিতে ডিম্বাকৃতি। অবলম্বনের জন্য দুইটি শক্ত লৌহদণ্ড ও যন্ত্রযুক্ত চাকার সাহায্যে এই ডিম্বাকৃতি চুল্লীটি মাটি হইতে কিছু উপরে ঝুলান থাকে। চাকার সাহায্যে ইচ্ছানুযায়ী চুল্লীটিকে সোজা, কাৎ বা উপুড় করা সম্ভব। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের জন্য কয়েকটি নল সংযুক্ত থাকে। ইস্পাতের প্রাচীরের অভ্যন্তরে একটি পুরু আস্তরণ থাকে। যাহা হউক, বিসিমার প্রণালীতে ইস্পাত-প্রস্তুতি দুইভাবে নিষ্পন্ন করা যাইতে পারে। যেমন, স্টীল প্রস্তুত করিতে যে কাস্ট-আয়রণ ব্যবহৃত হইবে তাহাতে যদি ফসফরাসের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অধিক থাকে তাহা হইলে ক্ষার জাতীয় আস্তরণ দেওয়া হয়—উহাতে ডলোমাইট, $CaCO_3$, $MgCO_3$, ব্যবহার করা হয়। পক্ষান্তরে, কনভারটারে ব্যবহৃত কাস্ট-আয়রণে যদি ফসফরাসের ভাগ খুব কম থাকে তবে অম্লজাতীয় আস্তরণ দেওয়া হয়—উহাতে সিলিকা থাকে। প্রথমটি 'ক্ষারীয় বিসিমার প্রণালী' এবং দ্বিতীয়টি 'আম্লিক বিসিমার প্রণালী' নামে পরিচিত।


চিত্র ২৩ঘ। বিসিমার কনভারটার

মারুত-চুল্লী হইতে সোজাসুজি কাস্ট-আয়রণ বিসিমার কনভারটারে লইয়া যাওয়া হয়। প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ কাস্ট-আয়রণে ভরিয়া কনভারটারটিকে সোজা অবস্থায় রাখিয়া উহার নীচের নলের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বায়ু পরিচালিত করা হয়। প্রথমেই ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন প্রভৃতি জারিত হয় এবং আস্তরণের সহিত মিশিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। ফসফরাস থাকিলে ($CaO$-$MgO$-এর আস্তরণ থাকে) উহাও ফসফেটে পরিণত হয়।



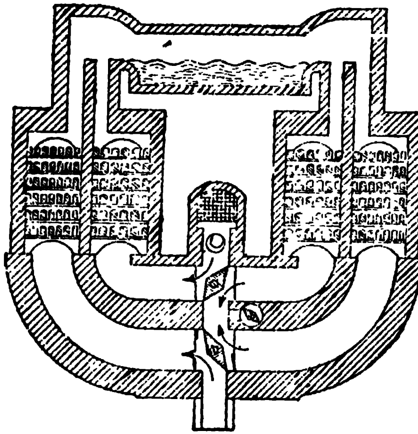
$$Si + O_2 = SiO_2$$
$$2Mn + O_2 = 2MnO$$
$$MnO + SiO_2 = MnSiO_3$$



$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$
$$3CaO + P_2O_5 = Ca_3(PO_4)_2$$
$$3MgO + P_2O_5 = Mg_3(PO_4)_2$$

শেষে কার্বনও জারিত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড চুল্লীর মুখে আসিয়া ঈষৎ নীল শিখা সহ জ্বলিতে থাকে। কয়েক মিনিটের মধ্যেই কার্বন-মনোক্সাইডের শিখাটি নিভিয়া যায়। তখন বুঝা যায় সমস্ত কার্বন দূর হইয়াছে। চুল্লীটিকে অতঃপর কাৎ করিয়া ভাসমান ধাতুমল পৃথক করিয়া লওয়া হয় এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে মিশান হয়। উত্তমরূপে মিশ্রণের জন্য আরও দুই-এক মিনিট বাতাস উহার ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। পরে কনভারটারটি উপুড় করিয়া স্টীল বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালাই করা হয়। দশ মিনিটের মধ্যেই এই ভাবে কাস্ট-আয়রণ স্টীলে পরিণত হয়।

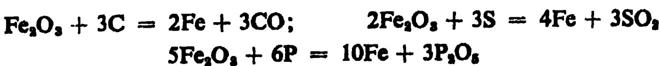
(গ) **সিমেন্স-মার্টিন অথবা ওপেন-হার্থ প্রণালী** (Siemens-Martin or Open Hearth Process)। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ-ইটের তৈয়ারী চতুষ্কোণ একটি প্রকোষ্ঠ চুল্লীরূপে ব্যবহৃত হয়। চুল্লীর গহ্বরটি সমতল এবং প্রশস্ত। এই চুল্লীর উপরে একটি নীচু ছাদ আছে। চুল্লীর উভয় প্রান্তেই গ্যাস প্রবেশ ও নির্গমনের ব্যবস্থা আছে (চিত্র ২৩-৬)। চুল্লীর অভ্যন্তরে অম্লজাতীয় $SiO_2$ অথবা ক্ষার-জাতীয় $CaO$-$MgO$ আস্তরণ থাকে। ফসফরাসের পরিমাণ অধিক হইলে ক্ষারজাতীয় প্রলেপের প্রয়োজন হয়, নতুবা অম্লজাতীয় আস্তরণ থাকাই সুবিধাজনক। এই চুল্লীর অদূরে অনতিরিক্ত বায়ুযোগে কয়লা পোড়াইয়া প্রডিউসার গ্যাস ($CO + N_2$) তৈয়ারী করা হয়।



চিত্র ২৩-৬। সিমেন্স-মার্টিন চুল্লী

অতিরিক্ত বায়ুর সহিত প্রডিউসার গ্যাস মিশ্রিত করিয়া লইয়া সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীর ভিতরে উহা জ্বালান হয়। এইভাবে এই চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রখর তাপ সৃষ্টি করা হয়।

মারুত-চুল্লী হইতে গলিত কাস্ট-আয়রণ সোজাসুজি সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত ফ্যাক্টরীর অব্যবহার্য ছাঁটাই স্টীল এবং কিছু হিমাটাইট মিশাইয়া দেওয়া হয়। হিমাটাইট ($Fe_2O_3$) দ্বারা কাস্ট-আয়রণের কার্বন, ফসফরাস, সালফার, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি জারিত হয়। কার্বন-মনোক্সাইড উড়িয়া যায়। অন্যান্য অক্সাইড আস্তরণের সংস্পর্শে আসিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। এইভাবে কাস্ট-আয়রণের



$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO; \qquad 2Fe_2O_3 + 3S = 4Fe + 3SO_2$$
$$5Fe_2O_3 + 6P = 10Fe + 3P_2O_5$$

অপদ্রব্য দূর হইলে, প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে দেওয়া হয় এবং আরও তাপিত

করিয়া উহাকে উত্তমরূপে মিশাইয়া লওয়া হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে প্রায় 8-10 ঘণ্টা প্রয়োজন। স্টীল গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালা হয়।

বিসিমার স্টীল অপেক্ষা সিমেন্স-মার্টিন স্টীল অনেক উৎকৃষ্ট। সুতরাং সময় বেশী লাগিলেও ভাল স্টীল প্রয়োজন হইলে এই উপায়েই তৈয়ারী করা বাঞ্ছনীয়। কাস্ট-আয়রণে ফসফরাসের পরিমাণ বেশী থাকিলেও এই উপায়ে স্টীল প্রস্তুত করা ভাল।

অনেক সময় মারুত-চুল্লীজাত লৌহের সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং প্রায় সবটা কার্বন বিসিমার পদ্ধতিতে তাড়াইয়া অবশিষ্ট ফসফরাস সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীতে দূরীভূত করা হয়। বস্তুতঃ ইহা দুইটি পদ্ধতির সমন্বয়। ইহাকে 'ডুপ্লে প্রণালী' (Duplex Process) বলে। টাটার কারখানাতে এই পদ্ধতিরও ব্যবহার হয়।

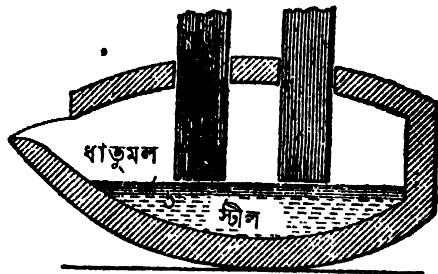
আমাদের দেশের রৌরকেল্লাতে যে প্রক্রিয়াতে ইস্পাত প্রস্তুত হয় তাহা 'এল, ডি, প্রক্রিয়া' নামে পরিচিত (Lintz-Donawitz process)। ইহাতে উৎকৃষ্টতর ওপেন-হার্থ ইস্পাত লইয়া একটি ক্ষারীয় আস্তরণ-যুক্ত বিসিমার চুল্লীতে উহার অপদ্রব্য দূর করা হয়। এই বিসিমার চুল্লীতে বাতাসের পরিবর্তে উপর হইতে উত্তপ্ত অক্সিজেন-প্রবাহ দেওয়া হয়। C, S, P, প্রভৃতি অপদ্রব্যসমূহ জারিত হইয়া দূর হইয়া যায় বা আস্তরণে শোষিত হয়। এই পদ্ধতির ইস্পাত উন্নততর ; ইহাতে অক্সিজেন, ও অন্যান্য গ্যাস এবং সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অতি নিম্নমাত্রায় থাকে।

**২৩-৫। তড়িৎ-তাপন পদ্ধতির ইস্পাত (Electrothermal process)।** স্বল্প পরিমাণে বিশুদ্ধ লৌহ পাইতে হইলে উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করা হয়।



$$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$$

কিন্তু শিল্প-প্রয়োজনের বিশুদ্ধ লৌহ তড়িৎ-তাপন পদ্ধতিতে তৈয়ারী হয়। এইরূপ লৌহ ইঞ্জিন, চাকা, প্রভৃতি বিশেষ ধরণের কাজে প্রয়োজন। বিভিন্ন রকমের তড়িৎ-চুল্লীতে বিসিমার-চুল্লীর ইস্পাতকে গলাইয়া উহার মালিন্য দূর করা হয়। বলাবাহুল্য, সস্তায় বিদ্যুৎ-শক্তি পাওয়া গেলেই এই পদ্ধতির প্রয়োগ সম্ভব। এইজন্যই ইহার ব্যবহার সীমিত। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হেরোঁর (Heroult) চুল্লী ব্যবহার হয়। একটি অতিপুরু ও শক্ত ডিম্বাকৃতি স্টীলের প্রকোষ্ঠে দুইটি গ্র্যাফাইট তড়িদ্বার উপর হইতে প্রবেশ করান থাকে (চিত্র ২৩-চ)। চুল্লীর অভ্যন্তরে ডলোমাইট বা ম্যাগনেসাইটের আস্তরণ থাকে




চিত্র ২৩-চ। তড়িৎ-চুল্লীতে ইস্পাত উৎপাদন

এবং উপরের ঢাকনা অগ্নিসহ ইট-নির্মিত। তড়িৎদ্বার দুইটির চারিদিকে জলপূর্ণ নির্মোক থাকে। কিছু চুন ও হেমাটাইটসহ গলিত বিসিমার ইস্পাত লইয়া তড়িৎদ্বার দুইটির ভিতর বিদ্যুৎমোক্ষণ করিলে, প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয় এবং সিলিকন উহার অক্সাইডে পরিণত হয়। এই সিলিকা অন্যান্য অপদ্রব্যের সঙ্গে মিলিত হইয়া ধাতুমল উৎপন্ন

করে। ফসফরাসও ফসফেট রূপে চলিয়া যায়। উহাদের সরাইয়া লইয়া গলিত পদার্থে এখন উপযুক্ত পরিমাণে চুণ, বালু, ফ্লুয়োস্পার, কোক ও ফেরো-সিলিকন যোগ করা হয়। যদি ইস্পাতে কোন ফেরাস অক্সাইড থাকে, তাহা হইলে উহাও বিজারিত হয়; $FeO + C = Fe + CO$। বিশেষ ধরণের সংকর পাওয়ার জন্য উপযুক্ত রকমের প্রয়োজনীয় পরিমাণ ফেরোসিলিকন বা ফেরো-ম্যাঙ্গানিজ লওয়া হয়। যে সালফার থাকে তাহাও ক্যালসিয়াম সালফাইডরূপে ধাতুমলে চলিয়া যায়।



$$FeS + CaO = CaS + FeO$$

প্রক্রিয়ার শেষে যে ইস্পাত পাওয়া যায় তাহা অতি উৎকৃষ্ট, উহাকে ছাঁচে ঢালিয়া লওয়া হয়।

২৩-৬। **লৌহের ধর্ম**। বিশুদ্ধ লৌহ উজ্জ্বল সাদা রঙের ধাতু। উহার ঘনত্ব 7.85, গলনাঙ্ক 1530°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 2450°C। ইহা চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট হয়। উষ্ণতার উপর নির্ভর করিয়া বিশুদ্ধ লৌহ তিনপ্রকার বহুরূপতা প্রদর্শন করে। উহাদের তাপীয় স্থায়িত্ব (thermal stability), স্ফটিকের গঠন, কাঠিন্য, চুম্বকীয় ধর্ম এবং কার্বন গ্রহণের ক্ষমতা বিভিন্ন হইয়া থাকে। উহাদের সম্বন্ধে খুব সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

(ক) $\alpha$-আয়রণ বা $\alpha$-ফেরাইট। ইহা 768°C-এর নীচে স্থায়ী এবং উহা পেটালোহার প্রধান উপাদান। ইহা নরম, তীব্র চুম্বক ধর্ম-বিশিষ্ট এবং খুব সামান্য কার্বন গ্রহণ করিতে পারে। ইহার কেলাস দেহকেন্দ্রিক ঘনাকার (body-centred cubic)।

(খ) $\gamma$-আয়রণ বা $\gamma$-ফেরাইট। ইহা 906° — 1404°C-এ স্থায়ী। ইহা কঠিন, চুম্বকধর্ম হীন এবং সামান্য কার্বন গ্রহণ করিতে পারে। কেলাসিত হইবার কালে ইহার কেলাস পৃষ্ঠকেন্দ্রিক ঘনাকার।

(গ) $\delta$-আয়রণ। ইহা 1400°C-এর বেশী উষ্ণতায় স্থায়ী। ইহা চুম্বকধর্ম-হীন এবং কার্বন গ্রহণ করিতে পারে না। ইহাও দেহকেন্দ্রিক ঘনাকার।

শুষ্ক বাতাসে লৌহের কোন পরিবর্তন ঘটে না কিন্তু আর্দ্র-বাতাসে অতি সহজেই সাধারণ লৌহের উপর মরিচা পড়িতে থাকে।

অক্সিজেন গ্যাসে লোহিত-তপ্ত করিলে লৌহ জ্বলিয়া উঠে এবং জারিত হইয়া শেষ পর্যন্ত $Fe_3O_4$-অক্সাইডে পরিণত হয়। লোহিত-তপ্ত লৌহের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলেও লৌহ জারিত হয়;



$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

কপার সালফেট দ্রবণে লৌহতার ডুবাইলে কপার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে।



$$Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu$$

হ্যালোজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত উত্তপ্ত করিলে, লৌহ উহাদের সঙ্গে যুক্ত হয়।



$$Fe + S \rightarrow FeS;$$



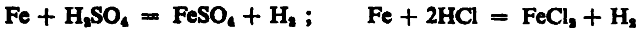
$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

120°C উষ্ণতায় ধাতব লৌহ CO-এর সহিত যুক্ত হইয়া আয়রণ পেন্টা-কার্বনি উৎপন্ন করে।



$$Fe + 5CO \rightarrow Fe(CO)_5$$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা লৌহ আক্রান্ত হইয়া ফেরাস লবণে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2 ; \qquad Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডেও লৌহ দ্রব হয়। বিভিন্ন অবস্থায় উহাদের বিক্রিয়াগুলি ভিন্ন ভিন্ন রকমের। যথা:

(ক) শীতল অবস্থায় লঘু অ্যাসিডে—



$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(খ) উষ্ণ অবস্থায় গাঢ় অ্যাসিডে—



$$Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O$$

বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডে বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে লৌহ রাখিলে উহা দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লৌহে' (passive iron) পরিণত হয়। সাধারণ লৌহ কপার সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করে, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, ইত্যাদি। কিন্তু যে লৌহ বিশুদ্ধ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিয়াছে উহার ঐ সকল ধর্ম লোপ পায়। কপার সালফেট বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উহা আর বিক্রিয়া করিতে পারে না। এইরূপ লৌহকে 'নিষ্ক্রিয় লৌহ' বলা হয়। নিষ্ক্রিয় লৌহের উপরিভাগ ঘষিয়া ফেলিলে অথবা উহাকে হাইড্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে অথবা এক টুকরা জিঙ্কের সহিত লঘু অ্যাসিডে নিমজ্জিত করিয়া রাখিলে উহার নিষ্ক্রিয়তা লোপ পায় এবং উহা আবার সাধারণ লৌহে পরিণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডদ্বারাও লৌহকে এইরূপ নিষ্ক্রিয় করা সম্ভব। সাধারণতঃ মনে করা হয়—এই সকল অক্সিজেন-সমৃদ্ধ বিকারকদ্বারা লৌহের উপর উহার অক্সাইডের একটি অতি পাতলা আবরণ পড়ে এবং এই আবরণটি লৌহের অন্যান্য বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়। আধুনিক কালে এই নিষ্ক্রিয়তা ব্যাখ্যা করিবার জন্য 'ইলেকট্রন তত্ত্ব' প্রয়োগ করা হইয়াছে। ইহাতে বলা হয়—যে সমস্ত ধাতু এইরূপ নিষ্ক্রিয় হয় উহারা প্রধানতঃ সন্ধিগত মৌলগোষ্ঠীভুক্ত এবং উহাদের অপূর্ণ 'd'-অনুস্তর রহিয়াছে, তাই এই মৌলটি বিকারকের সংস্পর্শে প্রথমেই উহার উপরিভাগ হইতে ইলেকট্রন হারায় এবং আর বিক্রিয়া করার ক্ষমতা লোপ পায়।

**লৌহের মরিচা (Rusting of Iron)।** সাধারণ লৌহকে আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপরিভাগ ধীরে ধীরে একটি বাদামী রঙের গুঁড়াতে পরিণত হইতে থাকে। ইহাকে লোহার 'মরিচা ধরা' বলা হয় এবং একবার মরিচা পড়িতে আরম্ভ করিলে খুব দ্রুত এই পরিবর্তন সংঘটিত হইতে থাকে। মরিচা বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে উহাতে সোদক 'আয়রণ-অক্সাইড' থাকে এবং উহার মোটামুটি সঙ্কেত।



$$Fe_2O_3, xH_2O$$

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা পড়ে না। মরিচা পড়িতে হইলে জল বা জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন প্রয়োজন। উহাদের যে কোন একটির অবর্তমানে লোহার উপর মরিচা পড়ে না। মরিচা-ধরা সম্বন্ধে কয়েকটি মতবাদ প্রচলিত আছে। উহাদের দুই একটি আলোচনা করা হইতেছে।

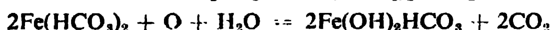
(ক) কেহ কেহ মনে করেন, বাতাসের জলীয় বাষ্প ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড হইতে যে কার্বনিক অ্যাসিড হয়, উহা লোহাকে আক্রমণ করে এবং উহাকে অ্যাসিড-ফেরাস-কার্বনেটে পরিণত করে। অক্সিজেনের সংস্পর্শে উহা ক্ষারকীয় কার্বনেটে রূপান্তরিত হয় এবং পরে আদ্র´বিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। উহাই মরিচা।



$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$



$$Fe + 2H_2CO_3 = Fe(HCO_3)_2 + H_2$$

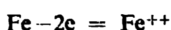


$$2Fe(HCO_3)_2 + O + H_2O = 2Fe(OH)_2HCO_3 + 2CO_2$$

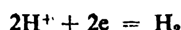


$$2Fe(OH)_2HCO_3 = [Fe_2O_3, 3H_2O] + 2CO_2$$

(খ) 'মরিচা-পড়া' সম্পর্কে অপর একটি মতবাদে লোহার ভিতরে বৈদ্যুতিক সেলের অস্তিত্ব কল্পনা করা হয়। গ্র্যাফাইট-কার্বন-কণিকা ও লৌহ-কণিকাগুলি পরা ও অপরা তড়িৎদ্বার স্বরূপ কাজ করে এবং জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে এই ক্ষুদ্র বৈদ্যুতিক সেলে থাকে। ফলে, অ্যানোডে আয়রণ দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

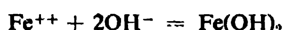


$$Fe - 2e = Fe^{++}$$



$$2H^{+} + 2e = H_2$$

পরে জলের OH-আয়ন দ্বারা $Fe^{++}$ আয়ন হইতে ফেরাস-হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী হয় এবং উহা বাতাসের অক্সিজেনে জারিত হইয়া মরিচাতে পরিণত হয়।



$$Fe^{++} + 2OH^- = Fe(OH)_2$$



$$2Fe(OH)_2 + O + H_2O = Fe_2O_3, 3H_2O$$

সাধারণতঃ লৌহের উপর রঙের বানিশ দিয়া উহাকে মরিচা হইতে রক্ষা করা হয়। কিন্তু জিঙ্ক বা টিনের প্রলেপ দিয়াও মরিচা পড়া বন্ধ করা যায়। দস্তা-প্রলেপিত লোহা বা ইস্পাতের পাতকে সাধারণ লোকে 'টিন' বলে। অনেক ক্ষেত্রে আল্‌কাতরা ব্যবহৃত হয়, আবার বিশেষ প্রয়োজনে নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি দ্বারা বৈদ্যুতিক উপায়ে প্রলেপ দিয়া মরিচা বন্ধ করা হয়।

**লৌহের ব্যবহার।** ধাতুর মধ্যে বর্তমানে লৌহের ব্যবহারই সর্বাধিক। বর্তমান যুগের নামই লৌহযুগ। পূর্বেই বলা হইয়াছে, সাধারণ ব্যবহার্য লৌহ মোটামুটি তিন রকমের---কাস্ট-আয়রণ, ইস্পাত বা স্টীল ও রট-আয়রণ। এই তিন প্রকারের লৌহের ভিতর অবশ্য কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন এবং সেইজন্য উহাদের বাহ্য ও ভৌত ধর্মেরও যথেষ্ট তারতম্য আছে।

প্রকৃতপক্ষে লৌহ একটি অদ্ভুত ধাতু---উহার সাধারণ ধর্ম বা গুণগুলি খাদের তারতম্যে এত আশ্চর্যরকমী ভাবে পরিবর্তিত হয় যে দেখিলে বিস্মিত হইতে হয়। লৌহ যেমন খুব শক্ত হইতে পারে আবার তেমন নরমও হওয়া সম্ভব। লৌহ সাধারণতঃ চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, আবার কোন কোন অবস্থায় একেবারেই উহার চুম্বকত্ব থাকে না। ইহা অত্যন্ত ঘাতসহনশীল অবস্থায় তৈয়ারী করা সম্ভব, আবার একেবারে ভঙ্গুর অবস্থায় পাওয়াও সম্ভব। ইহার প্রসারাঙ্ক খুব বেশী, আবার একেবারে কমও হইতে পারে। এই-রূপ উহার প্রত্যেকটি ধর্মই কমবেশী করা যাইতে পারে। এই সকল বিভিন্ন-গুণান্বিত লৌহ পাইতে হইলে প্রায়ই লৌহের সহিত অন্যান্য মৌল কিয়ৎপরিমাণে মিশ্রিত করা প্রয়োজন হয় এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় উহাকে তাপিত করাও প্রয়োজন হয়।

**কাস্ট-আয়রণ।** ইহাতে সাধারণতঃ $2 \sim 4.5\%$ ভাগ কার্বন থাকে। তাছাড়া

ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন ও ফসফরাস থাকে। অন্যান্য লৌহ হইতে ইহার গলনাঙ্ক কম এবং প্রায় 1200°C উষ্ণতায় ইহা তরলিত হইয়া যায়। কাস্ট-আয়রণ বেশ কঠোর বটে তবে অত্যন্ত ভঙ্গুর। ইহাকে ঢালাই করা যায় কিন্তু ঘাতসহতা কম থাকার জন্য পিটাইয়া কিছু তৈয়ারী করা যায় না। ইহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকেও পরিণত করা যায় না। ইহাকে পান দেওয়াও সম্ভব হয় না।

অধিকাংশ কাস্ট-আয়রণই স্টীল ও রট-আয়রণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। গৃহস্থের কোন কোন তৈজসপত্রাদি, লোহার রেলিং প্রভৃতি প্রস্তুতিতেও কাস্ট-আয়রণ ব্যবহার করা হয়।

**রট-আয়রণ।** ইহাতে কার্বনের ভাগ সাধারণতঃ 0.12-0.25%। ইহার গলনাঙ্ক অন্যান্য লৌহ অপেক্ষা বেশী, প্রায় 1500°C। রট-আয়রন অপেক্ষাকৃত নরম এবং যথেষ্ট ঘাতসহ, কিন্তু ইহাকে পান দেওয়া যায় না। উহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া যায়। রট-আয়রণের সরু তার বা চাদর তৈয়ারী করা সম্ভব। ইহাও স্থায়ী চুম্বকত্ব লাভ করে না।

তার, জাল, বৈদ্যুতিক-চুম্বক প্রভৃতি তৈয়ারী করিতে রট-আয়রণ ব্যবহৃত হয়।

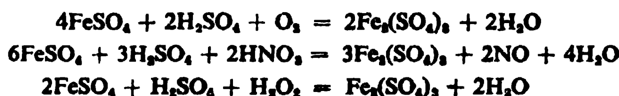
**স্টীল (ইস্পাত)।** ইস্পাতে 0.25-1.5% ভাগ কার্বন সচরাচর থাকে। ইহা ছাড়া সর্বদাই ইস্পাতে ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, ফসফরাস, ভ্যানাডিয়াম, টাঙস্টেন প্রভৃতির কোন একটি বা একাধিক মৌল মিশ্রিত থাকে। এই সকল মৌলগুলি ইস্পাতকে বিভিন্ন গুণান্বিত করিয়া থাকে। ইহাদিগকে ইস্পাত-সঙ্কর (alloy steel) বলা যাইতে পারে। সাধারণতঃ ম্যাঙ্গানিজ থাকিলে স্টীল অধিকতর শক্ত ও ঘাতসহ হয়। ক্রোমিয়াম মিশ্রিত থাকিলে উহার মরিচা পড়া বন্ধ হয়; মরিচাহীন লৌহ এইভাবে তৈয়ারী হয়। যে সমস্ত স্টীল দ্রুতগতিশীল-যন্ত্রে ব্যবহৃত হয় তাহাতে টানস্টেন মিশ্রিত করা হয়। শক্ত এবং স্বল্প প্রসারাঙ্ক-বিশিষ্ট স্টীল পাইতে হইলে নিকেলের সহিত মিশ্রিত করা প্রয়োজন।

সাধারণ ইস্পাতকে লোহিততপ্ত করিয়া লইয়া হঠাৎ শীতল জলের ভিতর ফেলিয়া দিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা অত্যন্ত শক্ত এবং ভঙ্গুর হইয়া পড়ে। ইহাকে কঠিন ইস্পাত (Hardened Steel) বলে। কঠিন ও ভঙ্গুর স্টীলকে আবার নির্দিষ্ট কোন উষ্ণতায় তাপিত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার ভঙ্গুরত্ব লোপ পায় এবং স্থিতি-স্থাপকতা বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ স্টীল আবার নমনীয় হইয়া পড়ে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তাপিত করিয়া এবং পরে ধীরে ধীরে শীতল করিয়া স্টীলকে এইভাবে নমনীয় করাকে সচরাচর 'ইস্পাতের কোমলায়ন' বলিয়া অভিহিত করা হয়। স্টীলকে প্রথমতঃ কঠিন ইস্পাতে পরিণত করিয়া পুনরায় তাপিত করা ও কোমলায়িত করাকে 'ইস্পাতের পান দেওয়া' (Tempering of Steel) বলে। ভিন্ন ভিন্ন কাজে স্টীলের বিভিন্ন রকমের নমনীয়তা প্রয়োজন। যেমন, ছুরি তৈয়ারীর স্টীল ও স্প্রীং তৈয়ারীর স্টীল ঠিক একরকম নয়। কোমলায়িত করার সময় বিভিন্ন উষ্ণতায় কঠিন স্টীলকে তাপিত করিয়া প্রয়োজনানুযায়ী গুণসমন্বিত করা হয়।

ঘাতসহ এবং ভঙ্গুর, শক্ত এবং নরম সবরকম স্টীলই পাওয়া যায়। স্টীল পিটাইয়া

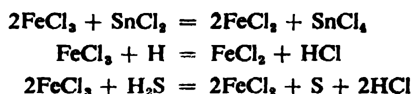
জোড় দেওয়া যায়। ইহাকে পান দেওয়া যায়। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকেও পরিণত করা সম্ভব। স্টীল সাধারণতঃ 1300°-1400°C উষ্ণতায় গলে। প্রায় সবরকম লোহার জিনিসেই স্টীল ব্যবহার করা যায়। ঘড়ি, চুম্বক, ট্রাঙ্ক প্রভৃতি হইতে আরম্ভ করিয়া এঞ্জিন, মেসিনগান, রেলের চাকা, যুদ্ধাস্ত্র প্রভৃতি সকল কিছুতেই স্টীল ব্যবহৃত হয়।

**২৩-৭। লৌহের যৌগসমূহ।** প্রধানতঃ আয়রণের যোজ্যতা হইল দুই এবং তিন। সুতরাং দ্বিযোজী ফেরাস ($Fe^{++}$)-যৌগ এবং ত্রিযোজী ফেরিক ($Fe^{+++}$)-যৌগ পাওয়া যায়। সাধারণতঃ ফেরিক যৌগসমূহ ফেরাসযৌগ অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী হয়। ফেরাস-যৌগগুলি বাতাস, অক্সিজেন, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, ডাইক্রোমেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক যৌগে পরিণত হয়। যেমন,



$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$
$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

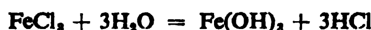
আবার ফেরিক যৌগগুলিকে ফেরাস অবস্থায় রূপান্তরিত করিতে হইলে $SnCl_2$, $SO_2$, $H_2S$ প্রভৃতির সাহায্যে বিজারিত করা প্রয়োজন। যেমন,



$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$$
$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$$
$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl$$

ফেরাস লবণগুলি প্রায়ই সবুজ রংয়ের, স্থায়ী এবং সহজে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না। উহারা বিজারক; পারমাঙ্গানেট, ডাইক্রোমেট, ফেরিক লবণকে অতি সহজে বিজারিত করে। শীতল অবস্থায় ফেরাস লবণ নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে গাঢ় $H_2SO_4$-এর উপস্থিতিতে 'বাদামী বলয়' $FeSO_4$, NO (ringtest) দেয়। পটাসিয়াম ফেরিসায়নাইড দ্রবণের সঙ্গে ফেরাস লবণের দ্রবণের বিক্রিয়াতে বিশিষ্ট নীল বর্ণের অধঃক্ষেপ $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ (Turnbulls blue ppt.) পাওয়া যায়।

ফেরিক লবণগুলি প্রায়ই হলুদ বর্ণের, অপেক্ষাকৃত কমস্থায়ী, জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইতে থাকে।



$$FeCl_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3 + 3HCl$$

এইজন্য ফেরিক লবণের দ্রবণে অতিরিক্ত অম্ল মিশাইয়া রাখিতে হয়।

ফেরিক লবণগুলি মৃদু জারকগুণ সম্পন্ন। সালফাইড, আয়োডাইড প্রভৃতি লবণের দ্রবণকে সহজেই জারিত করে:



$$2Fe^{+++} + 2I^- = 2Fe^{++} + I_2;\ 2Fe^{+++} + SO_2 + 2H_2O = 2Fe^{++} + SO_4^{++} + 4H$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণের সঙ্গে ফেরিক লবণের দ্রবণের বিক্রিয়ায় 'প্রুসিয়ান ব্লু' নামক গাঢ় নীল অধঃক্ষেপ $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়াম থায়ো-সায়ানেট দ্রবণের সংস্পর্শে ফেরিক লবণের দ্রবণে রক্তের মত লাল অধঃক্ষেপ দেয়।

**২৩-৮। আয়রণের অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডসমূহ।** আয়রণের তিনটি অক্সাইড আছে। যথা: ফেরাস অক্সাইড, FeO; ফেরিক অক্সাইড, $Fe_2O_3$; ফেরাসো-ফেরিক-অক্সাইড, $Fe_3O_4$।

(ক) ফেরাস-অক্সাইড, FeO। প্রস্তুতিঃ (১) নির্বাত অবস্থায় ফেরাস অক্সালেট লবণকে তাপ-বিযোজিত করিয়া ফেরাস অক্সাইড তৈয়ারী করা যায়।



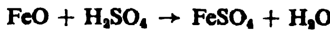
$$FeC_2O_4 \rightarrow FeO + CO + CO_2$$

(২) 300°C-এ ফেরিক-অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসদ্বারা বিজারিত করিলে উহা ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow 2FeO + H_2O$$

ফেরাস অক্সাইড কালো কঠিন পদার্থ, ইহা জলে অদ্রবণীয়। ইহা ক্ষারকীয় অক্সাইড এবং অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরাস লবণে পরিণত হয়।



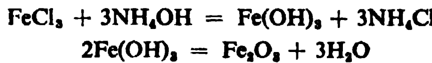
$$FeO + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2O$$

অক্সাইডটি বাতাসে প্রায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$$

(খ) ফেরিক অক্সাইড, $Fe_2O_3$, । কোনও ফেরিক লবণের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া দিলে বাদামী ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। উত্তপ্ত করিলে ফেরিক হাইড্রক্সাইড হইতে জল পৃথক হইয়া যায় এবং ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$
$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

পালিশের জন্য 'রুজ' নামক যে গুঁড়া ব্যবহৃত হয় তাহাও খুব মিহি ফেরিক অক্সাইড-চূর্ণ। উহা ফেরাস সালফেট-লবণ উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়।



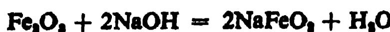
$$2FeSO_4 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

ফেরিক অক্সাইড ইটের মত লাল রংয়ের কঠিন পদার্থ। অক্সাইডটি খুবই স্থায়ী, তবে হাইড্রোজেন অথবা কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে ফেরাস অক্সাইডে ও শেষে ধাতব লৌহে বিজারিত হয়।



$$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow 2FeO + H_2O; \qquad FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$$

ফেরিক অক্সাইড একটি উভধর্মী অক্সাইড। ইহা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ফেরিক লবণ উৎপন্ন করে। উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে (প্রায় 650°C-এ) ইহা ভাস্বর হইয়া ওঠে এবং তখন ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না। অক্সাইডটির মৃদু অ্যাসিড ধর্মও রহিয়াছে, তাই ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইডের সহিত বিগলিত করিলে ইহা 'ফেরাইট' (ferrite) লবণ উৎপন্ন করিতে পারে।

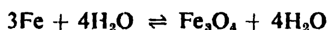


$$Fe_2O_3 + 2NaOH = 2NaFeO_2 + H_2O$$

(১) পালিশের কাজে (২) রং হিসাবে এবং (৩) প্রভাবকরূপে ফেরিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(গ) **ফেরাসো-ফেরিক অক্সাইড, $Fe_3O_4$।** প্রকৃতিতে 'ম্যাগনেটাইট' নামক চক্‌চকে কালো রং-এর পদার্থরূপে পাওয়া যায়। 'লোডস্টোন' ( lode stone ) নামক ম্যাগনেটাইট-টুকরা স্থায়ী চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে।

লৌহচূরের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে লৌহ জারিত হইয়া ফেরাসো-ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2O$$

অক্সাইডটি 1300°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে ঠিকই থাকে কিন্তু উহার অধিক উষ্ণতায় বাতাসে উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$4Fe_3O_4 + O_2 \rightarrow 6Fe_2O_3$$

হাইড্রোজেনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে ইহা ধাতব লৌহে বিজারিত হইয়া যায়।



$$Fe_3O_4 + 4H_2 \rightleftharpoons 3Fe + 4H_2O$$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাইলে ইহা দ্রবীভূত হয় ও ফেরাস ও ফেরিক লবণ উৎপাদন করে।



$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

ইলেকট্রোড প্রস্তুতিতে ও আর্ক-আলোকে ইহার ব্যবহার পরিদৃষ্ট হয়।

(ঘ) **হাইড্রক্সাইড সমূহ।** আয়রণের ফেরাস ও ফেরিক উভয় হাইড্রক্সাইডই জানা রহিয়াছে, তন্মধ্যে **ফেরাস হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_2$** খুব স্থায়ী নহে এবং উহাকে সতর্কতার সহিত প্রস্তুত করিতে হয়। বিশুদ্ধ ফেরাস লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইলে ফেরাস হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



$$FeSO_4 + 2NaOH = Fe(OH)_2 + Na_2SO_4$$

বাতাসে রাখিলে আংশিক জারণের ফলে অধঃক্ষেপটি সবুজ বর্ণের হয়। তাই ইহা একটি দুঃস্থিত যৌগ এবং বাতাসে রাখিলে স্বতঃজারিত হয়। ফেরাস হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস লবণে পরিণত হয়।

অন্যান্য ফেরাস যৌগের মতই ফেরাস হাইড্রক্সাইড একটি উত্তম বিজারক দ্রব্য।

(ঙ) **ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$।** ফেরিক লবণের জলীয় দ্রবণে কস্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইলে বাদামী রংয়ের ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 + 3NaCl$$

এইভাবে প্রস্তুত করিলে যে ফেরিক হাইড্রক্সাইড পাওয়া যায়, উহার সংকেত $Fe(OH)_3$ অর্থাৎ $Fe_2O_3,3H_2O$। কিন্তু $Fe_2O_3$-এর সঙ্গে বিভিন্ন পরিমাণে জলযোজিত অন্যান্য হাইড্রক্সাইডও পাওয়া যায়। যথা, $Fe_2O_3,H_2O$। ইহার নাম, 'গোথাইট' (goethite), মরিচাতে প্রধানতঃ ইহা থাকে।

ফেরিক হাইড্রক্সাইড জলে অদ্রবণীয় কিন্তু বিভিন্ন অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ইহা ফেরিক লবণ উৎপন্ন করে। উত্তাপ প্রয়োগে ইহা ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$$

সদ্য প্রস্তুত করা ফেরিক হাইড্রক্সাইড আর্সেনিক বিষের প্রতিষেধক হিসাবে প্রয়োগ করা হয়। কোলগ্যাসের বিশুদ্ধীকরণে ফেরিক হাইড্রক্সাইডের প্রয়োজন দেখা যায়।

(চ) **ফেরাসো-ফেরিক হাইড্রক্সাইড,** $Fe_3(OH)_8$। উপযুক্ত অনুপাতের ফেরাস ও ফেরিক লবণের দ্রবণে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে কালো অধঃক্ষেপরূপে এই হাইড্রক্সাইডটি পাওয়া যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ইহা সবুজ রংয়ের দ্রবণ দেয়; উহা হইতে বাষ্পীভূত করিয়া ফেরাসোফেরিক ক্লোরাইড $Fe_3Cl_8.18H_2O$ কেলাস পৃথক করা সম্ভব। উল্লেখ করা যাইতে পারে যে ব্রোমিন প্রস্তুতির সময় ফেরাসো-ফেরিক ব্রোমাইড, $Fe_3Br_8$ উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়।

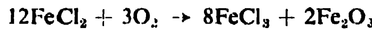
**২৩–৯। ক্লোরাইড লবণ। ফেরাস ক্লোরাইড** ($FeCl_2$) অনার্দ্র-অবস্থায় অথবা সোদক অবস্থায় ($FeCl_2.4H_2O$) পাওয়া যায়। লৌহচূরের উপর গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় অনার্দ্র লবণটি পাওয়া যায়।



$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$$

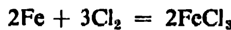
আর আয়রণ বা আয়রণ সালফাইড লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ফেরাস ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। উল্লিখিত দ্রবণটি গাঢ় করিয়া লইয়া শীতল করিলে, $FeCl_2.4H_2O$ স্ফটিক কেলাসিত হয়।

অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড বর্ণহীন, উদ্গ্রাহী স্ফটিক। কিন্তু সোদক ফেরাস ক্লোরাইড স্ফটিক সবুজ। উভয়েই জলে দ্রবণীয়। ফেরাস ক্লোরাইড খুব সহজেই জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। মাত্র বাতাসে তাপিত করিলেই ফেরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$12FeCl_2 + 3O_2 \rightarrow 8FeCl_3 + 2Fe_2O_3$$

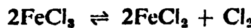
**ফেরিক ক্লোরাইড,** $FeCl_3$। লৌহচূরকে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে তাপিত করিলেই কালো কঠিন অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়।



$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

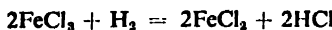
ফেরিক-অক্সাইডকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ পাওয়া যায়। দ্রবণটি গাঢ় করিয়া শীতল করিলে উহা হইতে $FeCl_3.6H_2O$-এর সোদক স্ফটিক কেলাসিত হয়।

অনার্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড 300°C-এর নীচে ঊর্ধ্বপাতিত হয়। প্রায় 500°C-এ উত্তপ্ত করিলে লবণটি বিয়োজিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইড ও ক্লোরিন দেয়।



$$2FeCl_3 \rightleftharpoons 2FeCl_2 + Cl_2$$

ইহা হাইড্রোজেন দ্বারাও বিজারিত হয়:



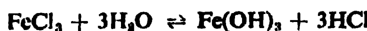
$$2FeCl_3 + H_2 = 2FeCl_2 + 2HCl$$

ফেরিক ক্লোরাইড অন্যান্য ক্লোরাইডের সঙ্গে দ্বিলবণ উৎপাদন করে, যেমন,



$FeCl_3, NH_4Cl$ ; $FeCl_3, MgCl_2, H_2O$; $FeCl_3, 2KCl, H_2O$

অনার্দ্র লবণটি উদ্গ্রাহী; ইহা জলে, অ্যালকোহলে ও ইথারে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ ফুটাইলে উহা কিঞ্চিৎ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়;



$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

ফেরিক ক্লোরাইডের বিভিন্ন সোদক স্ফটিক বিভিন্ন উষ্ণতায় পাওয়া যায়;



$$Fe_2Cl_6,12H_2O; \quad Fe_2Cl_6,7H_2O; \quad Fe_2Cl_6\,5H_2O; \quad Fe_2Cl_6,4H_2O$$

দশাচিত্রের (phase diagram) সাহায্যে উহাদের অস্তিত্ব সহজে জানা যায়।

ফেরিক ক্লোরাইড ঔষধরূপে এবং ল্যাবরেটরীর বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

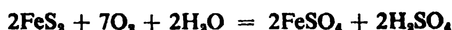
**২৩-১০। সালফেট লবণ। ফেরাস সালফেট (হিরাকস্), $FeSO_4.7H_2O$।**

**প্রস্তুতি :** আয়রণ অথবা আয়রণ সালফাইড লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস সালফেট উৎপাদন করে। উৎপন্ন ফেরাস সালফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং উহাকে কেলাসিত করিয়া $FeSO_4.7H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়।



$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2; \quad FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

মারকাসাইট ($FeS_2$) নামক প্রকৃতিলব্ধ খনিজ স্তূপীকৃত করিয়া আর্দ্র-বাতাসে রাখিয়া দিলে উহা জারিত হইয়া ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

অতঃপর সমগ্র পদার্থগুলি জলসিক্ত করিয়া ছাঁকিয়া লইলে ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ পাওয়া যায়। উহাতে অব্যবহার্য ছাঁটাই লোহা (scrap iron) দিয়া উহার সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করা হয়। ($Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$) পরে দ্রবণটি ছাঁকিয়া কেলাসিত করিলে $FeSO_4.7H_2O$ পাওয়া যায়।

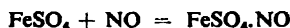
**ধর্ম :** ফেরাস সালফেট স্ফটিক ঈষৎ সবুজ রংয়ের এবং ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ইহা জলে দ্রবণীয়। বাতাসে থাকিলে ফেরাস সালফেট ধীরে ধীরে জারিত হইয়া হলুদ ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।

উত্তপ্ত করিলে ফেরাস সালফেট বিযোজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

ফেরাস সালফেটের জলীয় দ্রবণ নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করিয়া একটি যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে।



$$FeSO_4 + NO = FeSO_4.NO$$

বাতাসের অক্সিজেনেও ফেরাস সালফেটের আম্লিক দ্রবণ জারিত হয়।



$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

ফেরাস সালফেট অন্যান্য সালফেটের সহিত মিলিত হইয়া দ্বি-লবণ তৈয়ারী করে। ইহাদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হইল ম্যো'র লবণ (Mohr's salt) বা ফেরাস-অ্যামোনিয়াম-সালফেট, $FeSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$। ইহা প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে 40°C-এ বায়ুহীন পাতিত জলে বিশুদ্ধ ফেরাস সালফেট ও বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম সালফেটের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। এখন দ্রবণ দুইটিকে মিশাইয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং সবুজাভ স্ফটিকরূপে উহা কেলাসিত হয়।

আয়তনিক বিশ্লেষণে ম্যো'র লবণের দ্রবণের যথেষ্ট ব্যবহার আছে। তাছাড়া যে সকল-স্থানে $FeSO_4$ ব্যবহার প্রয়োজন সেখানে ম্যো'র লবণ ব্যবহার করা যাইতে পারে।

উহার বিশেষ গুণও রহিয়াছে। তাহা হইল—ফেরাস সালফেটের মত ইহা উদত্যাগী নয়। কঠিনাবস্থায় উহা অতি সহজে জারিত হয় না।

**ব্যবহার:** লিখিবার কালি প্রস্তুত করিতে ফেরাস সালফেট প্রয়োজন হয়। রঞ্জন শিল্পে রাগ-রঞ্জকরূপে, কৃষিকার্যে আগাছা নির্মূলের কাজে ইহা ব্যবহৃত হয়। বীজবারক এবং বিজারক হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে। ম্যা'র লবণ, ফেরিক সালফেট ও রুজ প্রস্তুতিতে ফেরাস সালফেট ব্যবহার করা হয়।

**ফেরিক সালফেট $Fe_2(SO_4)_3$।** লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ফেরাস সালফেটের দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা জারিত করিলে ফেরিক সালফেট উৎপন্ন হয়।



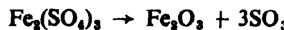
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$

ফেরাস সালফেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ফুটাইলেও ফেরিক সালফেট পাওয়া সম্ভব।



$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + SO_2 + 2H_2O$$

সোদক সালফেটটি হলুদাভ সাদা লবণ। সাবধানতার সহিত উত্তপ্ত করিলে বর্ণহীন অনার্দ্র ফেরিক সালফেট পাওয়া সম্ভব। তবে উত্তাপপ্রয়োগে উহা প্রধানতঃ বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe_2O_3 + 3SO_3$$

ইহা জলে দ্রবণীয় এবং আর্দ্র-বিশ্লেষণের দরুণ দ্রবণটি বাদামী আভাযুক্ত বর্ণ ধারণ করে। ফেরিক সালফেট রাগরঞ্জকরূপে, ঔষধে ও ফেরিক লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

ফেরাস সালফেটের ন্যায় ফেরিক সালফেটও দ্বি-লবণ গঠন করিয়া থাকে। উহাদের সাধারণ সংকেত হইল—$M_2SO_4.Fe_2(SO_4)_3.24H_2O$।

[ $(M^+ \rightarrow NH_4^+, K^+, Rb^+, Cs^+)$ ] [অ্যালাম দ্রষ্টব্য]।

**২৩-১১। নাইট্রেট লবণ। ফেরাস নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_2$।** ফেরাস সালফেট লবণের ও বেরিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ মিশ্রিত করিলে ফেরাস নাইট্রেট তৈয়ারী হয় ও বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া পরিস্রুতটিকে বাতাসের অবর্তমানে কেলাসিত করিলে $Fe(NO_3)_2.6H_2O$ পাওয়া যায়। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় এবং অতি সহজেই জারিত হইয়া ফেরিক অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

**ফেরিক নাইট্রেট, $Fe(NO_3)_3$।** আয়রণ বা উহার অক্সাইডকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে ফেরিক নাইট্রেট দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণ হইতে $Fe(NO_3)_3, 9H_2O$ কেলাসিত করা সম্ভব। ইহা বর্ণহীন উদ্‌গ্রাহী স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। রঞ্জনশিল্পে ইহার ব্যবহার আছে।

**২৩-১২। অক্সালেট লবণ। ফেরাস অক্সালেট $Fe(C_2O_4).2H_2O$।** ফেরাস দ্রবণে অক্সালিক অ্যাসিড যোগ করিলে হলুদ রং-এর ফেরাস অক্সালেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

পটাসিয়াম অক্সালেটের উপস্থিতিতে উহা দ্রবণে চলিয়া যায়, কারণ তখন $K_2[Fe(C_2O_4)_2]$, $2H_2O$ এই দ্রবণীয় জটিল যৌগটি গঠিত হয়। ফেরাস অক্সালেটের বিজারণ ক্ষমতার দরুণ উহা ফটোগ্রাফীতে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

**ফেরিক অক্সালেট।** ফেরিক লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম অক্সালেট যোগ করিলে বাদামী রং-এর ফেরিক অক্সালেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম অক্সালেটের উপস্থিতিতে $(NH_4)_3[Fe(C_2O_4)_3],3H_2O$, এই দ্বি-লবণটি গঠিত হয়। যাহা হউক, ফেরিক অক্সালেটের দ্রবণটি অস্থায়ী হয় এবং সূর্যালোকের উপস্থিতিতে উহা বিযোজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$Fe_2(C_2O_4)_3 \rightarrow 2Fe(C_2O_4) + 2CO_2$$

একটি বিষয় উল্লেখ করা যাইতে পারে—সাধারণতঃ ফেরিক লবণসমূহ হলুদ ও ফেরাস লবণসমূহ সবুজ কিন্তু ফেরিক অক্সালেট সবুজ ও ফেরাস অক্সালেট হলুদ রংয়ের হয়।

**২৩-১৩। সালফাইড লবণসমূহ। ফেরাস সালফাইড, FeS।** লৌহচূর ও সালফার একত্র উত্তপ্ত করিলে বিস্ফোরণসহকারে উহাদের সংযোগ সাধিত হয় এবং আয়রণ সালফাইড পাওয়া যায়।

ইহাছাড়া, ক্ষারধাতুর সালফাইডের সহিত ফেরাস লবণের বিক্রিয়ায় কালো রং-এর FeS অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$Fe + S = FeS$$

ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং $H_2S$ গ্যাস উৎপন্ন করে। বাতাসে উত্তপ্ত করিলে ইহা ফেরাস সালফেটে জারিত হইয়া যায়। ল্যাবরেটরীতে $H_2S$ সর্বদাই ফেরাস সালফাইড হইতে $H_2SO_4$ সাহায্যে প্রস্তুত করা হয়।

**ফেরিক সালফাইড, $Fe_2S_3$।** ফেরিক হাইড্রক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরিক সালফাইডে পরিণত হয়।



$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

কোলগ্যাসের বিশুদ্ধকরণে এই বিক্রিয়া ঘটে। তখন উল্লিখিত সালফাইডকে 'স্পেন্ট-অক্সাইড' বলে। স্পেন্ট-অক্সাইড বাতাসে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে আবার ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং সালফার পাওয়া যায়।



$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S$$

**আয়রণ ডাই-সালফাইড, $FeS_2$।** প্রকৃতিতে আয়রণ পাইরাইটিস্ নামে লোহার খনিজরূপে পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেই ইহার প্রধান ব্যবহার।

**২৩-১৪। ফেরিক থায়োসায়ানেট, $Fe(CNS)_3$।** ফেরিক লবণের দ্রবণে ক্ষারীয় ধাতুর থায়োসায়ানেট লবণ যোগ করিলে রক্তের মত লাল রংয়ের ফেরিক থায়োসায়া-নেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে গাঢ় লাল রং-বিশিষ্ট $Fe(CNS)_3$, $3H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়। অ্যাসিডের অনুপস্থিতিতে ফেরিক থায়ো-

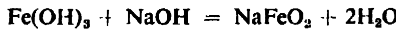
সায়ানেটের জলীয় দ্রবণকে লঘু করিলে ঘোর লাল হইতে দ্রবণটি হাল্কা রংয়ের হইয়া থাকে। ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষণের দরুণ হইয়া থাকে।



$$Fe(CNS)_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCNS$$

খুব সম্ভবতঃ এই লবণটির জটিল গঠন, উহার সংকেত ধরা হয়, $Fe[Fe(CNS)_6]$।

**২৩-১৫। ফেরাইট ও ফেরেট-লবণসমূহ।** তীব্র ক্ষারের সহিত বিগলিত করিলে ফেরিক অক্সাইড সোডিয়াম ফেরাইট, $NaFeO_2$ গঠন করিয়া থাকে। সদ্য অধঃক্ষিপ্ত ফেরিক হাইড্রক্সাইড ঘন কস্টিক সোডার দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়াও সোডিয়াম ফেরাইট উৎপন্ন করে।



$$Fe(OH)_3 + NaOH = NaFeO_2 + 2H_2O$$

কস্টিক সোডার পরিবর্তে কস্টিক পটাস ব্যবহার করিলে পটাসিয়াম ফেরাইট উৎপন্ন হয়।

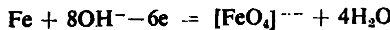
গরম জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাইট বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$2NaFeO_2 + H_2O = Fe_2O_3 + 2NaOH$$

উল্লিখিত ফেরাইট বাদে $M^{II}[FeO_2]$ জানা রহিয়াছে ($M^{II} \rightarrow Mg^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+} Mn^{2+}, Fe^{2+}$ ইত্যাদি)। বস্তুতঃ ফেরাসোফেরিক অক্সাইডকে ফেরাস ফেরাইট $Fe^{II}[Fe^{III}O_2]_2$ বলিয়া মনে করা যাইতে পারে।

ফেরেট লবণসমূহের সাধারণ সংকেত হইল $M_2^I[Fe^{VI}O_4]$ এবং উহারা ম্যাঙ্গানেট --$K_2[Mn^{VI}O_4]$, ক্রোমেট-- $K_2[Cr^{VI}O_4]$ লবণের সহিত সমাকৃতিক। লৌহকে ক্ষারধাতুর নাইট্রেটের সহিত উত্তপ্ত করিয়া অথবা ক্ষারীয় দ্রবণে সদ্য অধঃক্ষিপ্ত ফেরিক হাইড্রক্সাইডে ক্লোরিন বা ব্রোমিন পাঠাইয়া ফেরেট লবণ প্রস্তুত করা যায়। ইহা ছাড়া উষ্ণ কস্টিক সোডা বা পটাসের ঢালাই লোহার অ্যানোডে-জারণ প্রক্রিয়া (anodic oxidation) দ্বারা ফেরেট লবণ প্রস্তুত করা সম্ভব।



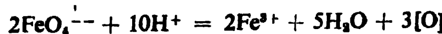
$$Fe + 8OH^- - 6e = [FeO_4]^{--} + 4H_2O$$

ফেরেট লবণসমূহ দ্রবণে ঘোর বেগুণী বর্ণ ধারণ করে এবং তাহা ক্ষারের উপস্থিতিতে স্থায়ী হয়। জলীয় দ্রবণ বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন দেয় (উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজন দ্রুত হয়) এবং উহা ফেরাইটে পরিবর্তিত হয়।



$$4FeO_4^{--} + 2H_2O = 4FeO_2^- + 4OH^- + 3O_2$$

আর আম্লিক দ্রবণে বিয়োজিত হইয়া ফেরেট লবণ ত্রিযোজী আয়রণ দেয়।



$$2FeO_4^{--} + 10H^+ = 2Fe^{3+} + 5H_2O + 3[O]$$

**২৩-১৬। লৌহের প্রধান প্রধান জটিলযৌগসমূহ। জটিল-সায়ানাইড।** ফেরাস ও ফেরিক আয়রণ যথাক্রমে ফেরোসায়ানাইড, $[Fe(CN)_6]^{4-}$ ও ফেরিসায়ানাইড, $[Fe(CN)_6]^{3-}$ লবণ গঠন করিয়া থাকে। উহারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে না। ফেরিসায়ানাইড লবণগুলি শক্তিশালী

জারকদ্রব্য এবং ক্ষারীয় দ্রবণে অস্থায়ী এবং উহারা ফেরোসায়ানাইডে পরিবর্তিত হইয়া যায়। অর্থাৎ ক্ষারীয় দ্রবণে ফেরোসায়ানাইডসমূহ স্থায়ী হইয়া থাকে; আর আম্লিক দ্রবণে উহাদের প্রকৃতি সম্পূর্ণ বিপরীত।

**পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড, $K_4[Fe(CN)_6]$, $3H_2O$।** ফেরাস সালফেট দ্রবণে অধিক পরিমাণে পটাসিয়াম সায়ানাইড যোগ করিলে উহা উৎপন্ন হয়।

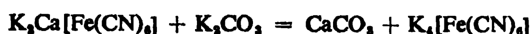


$$FeSO_4 + 2KCN \rightarrow Fe(CN)_2 + K_2SO_4$$



$$Fe(CN)_2 + 4KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$$

অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া বাষ্পীভূত করিয়া কেলাসিত করা হয়। আধুনিককালে ইহার পণ্যোৎপাদন নিম্নলিখিতভাবে নিষ্পন্ন করা হইয়া থাকে। কোলগ্যাস প্রস্তুতিতে সোদক ফেরিক অক্সাইডকে সালফার ও সায়ানোজেন গ্যাস দূরীকরণে ব্যবহৃত হয়। ইহার ফলে যে 'স্পেন্ট-অক্সাইড' পাওয়া যায় তাহা গোলাচুণের সহিত ফুটান হয় এবং পরে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। পরিস্রুতে থাকে ক্যালসিয়াম ফেরোসায়ানাইড। উহাকে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করাইলে $K_2Ca[Fe(CN)_6]$—এই মিশ্র লবণের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে এখন উপযুক্ত পরিমাণে পটাসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করাইলে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড গঠিত হয়।



$$K_2Ca[Fe(CN)_6] + K_2CO_3 = CaCO_3 + K_4[Fe(CN)_6]$$

$CaCO_3$-কে ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া পরিস্রুতকে গাঢ় করিলে হলুদ রংয়ের সোদক কেলাস পাওয়া যায়।

সাধারণ তাপমাত্রায় লবণটি স্থায়ী এবং 100°C-এর বেশী উত্তপ্ত করিলে উহা অনার্দ্র ও বর্ণহীন হইয়া পড়ে। তীব্র উত্তাপ প্রয়োগে উহা ভাঙ্গিয়াও যায়।



$$K_4[Fe(CN)_6] = 4KCN + FeC_2 + N_2$$

উক্ত অবস্থায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় উহা হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড আর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করিয়া থাকে।



$$2K_4[Fe(CN)_6] + 3H_2SO_4 = 3K_2SO_4 + K_2Fe[Fe(CN)_6] + 6HCN$$



$$K_4[Fe(CN)_6] + 6H_2SO_4 + 6H_2O = 2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3(NH_4)_2SO_4 + 6CO$$

পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের বিজারণ ধর্ম রহিয়াছে। ইহা ক্লোরিন, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদি দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিসায়ানাইডে পরিবর্তিত হয়। যেমন,



$$2[Fe(CN)_6]^{4-} + Cl_2 = 2[Fe(CN)_6]^{3-} + 2Cl^-$$

অধিক ফেরিক লবণের দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড যোগ করিলে নীল রং-এর ফেরিক ফেরোসায়ানাইড ('প্রুসিয়ান ব্লু') গঠিত হয়।

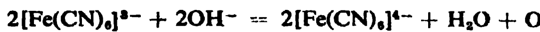


$$4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6] = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl$$

ইহা 'অদ্রবণীয় প্রুসিয়ান ব্লু'। অপরপক্ষে অধিক ফেরোসায়ানাইড লবণের দ্রবণে ফেরিক লবণ ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে যে কলয়ডীয় দ্রবণ গঠিত হয় উহাই 'দ্রবণীয় প্রুসিয়ান ব্লু' এবং উহার সংকেত হইল $KFe[Fe(CN)_6]$, $H_2O$।

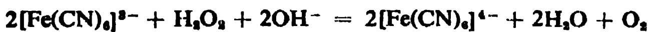
**পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড,** $K_3[Fe(CN)_6]$। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডকে জারিত করিয়া উহার ফেরিসায়ানাইডে পরিবর্তিত করা যাইবে; কিন্তু ইহা ফেরোসায়ানাইড অপেক্ষা অস্থায়ী। এই লবণটি $K_3[Cr(CN)_6]$ ও $K_3[Mn(CN_6)]$-এর সহিত সমাকৃতিক।

ইহা ঘোর লাল রংয়ের অনার্দ্র স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা একটি তীব্র জারক; বিশেষতঃ ক্ষারীয় দ্রবণে বিজারিত হইয়া ফেরোসায়ানাইডে পরিণত হয়।



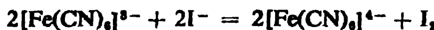
$$2[Fe(CN)_6]^{3-} + 2OH^- = 2[Fe(CN)_6]^{4-} + H_2O + O$$

ইহা ক্ষারীয় দ্রবণে $H_2O_2$-এর সহিত একইভাবে বিক্রিয়া করিয়া থাকে।



$$2[Fe(CN)_6]^{3-} + H_2O_2 + 2OH^- = 2[Fe(CN)_6]^{4-} + 2H_2O + O_2$$

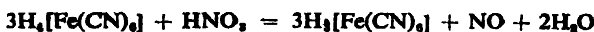
ফেরিসায়ানাইডের ক্ষারীয় দ্রবণ $H_2S, SO_2, N_2H_4$ বা সোডিয়াম-অ্যামালগাম দ্বারাও বিজারিত হইয়া থাকে। একইভাবে ফেরিসায়ানাইড ক্ষারীয় দ্রবণে ক্রোমিক হাইড্রক্সাইডকে ক্রোমেটে জারিত করে; উহা আয়োডাইড লবণ হইতে আয়োডিন উৎপন্ন করিয়া থাকে।



$$2[Fe(CN)_6]^{3-} + 2I^- = 2[Fe(CN)_6]^{4-} + I_2$$

ফেরাস লবণের দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে গাঢ় নীল রংয়ের যে অধঃক্ষেপ দেয় তাহাকে বলা হয় 'টার্ণবুল ব্লু' (Turnbull's blue) এবং উহার রাসায়নিক সংকেত হইল, $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$।

**সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড,** $Na_2[Fe(CN)_5NO]$। পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডকে 50% নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ফেরোসায়ানাইড জারিত হইয়া ফেরিসায়ানাইডে পরিণত হয়। দ্রবণটি ঠাণ্ডা করিলে পটাসিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়; উহাকে ছাঁকিয়া দ্রবণটিকে সোডিয়াম কার্বনেটদ্বারা প্রশমিত করা হয়। তারপর দ্রবণটিকে ঘন করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের লাল সোদক কেলাস গঠিত হয়, $(Na_2[Fe(CN)_5NO].2H_2O)$।



$$3H_4[Fe(CN)_6] + HNO_3 = 3H_3[Fe(CN)_6] + NO + 2H_2O$$



$$[Fe(CN)_6]^{3-} + NO = [Fe(CN)_5(NO)]^{2-} + CN^-$$

সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড জলে ও অ্যালকোহলে দ্রাব্য। ইহার দ্রবণ সালফাইড বা হাইড্রোসালফাইডের সনাক্ত করার কাজে ব্যবহৃত হয়। এইরূপ বিক্রিয়ায় মৃদু ক্ষারীয় দ্রবণে ইহা ঘোর বেগুণী রং ধারণ করে।



$$Na_2[Fe(CN)_5NO] + Na_2S = Na_4[Fe(CN)_5NOS]$$

ইহা ছাড়া, পটাসিয়াম ফেরিঅক্সালেট, $K_3[Fe(C_2O_4)_3]$, পটাসিয়াম ফেরিথায়োসায়ানেট, $K_3[Fe(CNS)_6]$ ইত্যাদি জটিল-যৌগও জানা রহিয়াছে।

**২৩-১৬। লৌহের সনাক্তকরণ ও নিরূপণ।** সোহাগা-গুঁটি পরীক্ষায় বিজারণ-শিখায় সবুজ-গুঁটি ও জারণ-শিখায় হলুদ-গুঁটি লৌহযৌগের উপস্থিতি প্রমাণ করে। তাছাড়া, লৌহ-যৌগ সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া বিজারণ-শিখায় চারকোল পরীক্ষা করিলে ধূসর কালো রংয়ের চুম্বকদ্বারা আকর্ষিত হয় এরূপ পদার্থ পাওয়া যায়। সিক্ত-

পরীক্ষা করিতে হইলে লৌহযৌগের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ যোগ করিলে রক্তের মত লাল অধঃক্ষেপ পড়ে অথবা দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে 'প্রুসিয়ান ব্লু'র অধঃক্ষেপ পড়ে।

লৌহ যৌগটি ফেরাস কি ফেরিক তাহা জানিতে হইলে--দ্রবণে (ক) অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেট দ্রবণ যোগ করিলে কেবলমাত্র ফেরিক যৌগের বেলায় লাল অধঃক্ষেপ পড়ে। (খ) পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণ যোগ করিলে ফেরাস যৌগের বেলায় নীল অধঃক্ষেপ পড়ে আর ফেরিক যৌগের বেলায় ঈষৎ বাদামী রং ধারণ করে।

**লৌহের পরিমাণ নিরূপণ।** তৌলিকভাবে লৌহের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে লৌহের যৌগকে প্রথমে ফেরিক অবস্থায় পরিবর্তিত করা হয় (যদি ফেরাস অবস্থায় থাকে তবে উহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্বারা জারিত করিয়া লওয়া হয়); এরপর উহাতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করা হয় এবং $Fe(OH)_3$-এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হইলে উহাকে ফিল্টার করিয়া, ধুইয়া শুকাইয়া, পোড়ান হয় এবং উৎপন্ন $Fe_2O_3$-এর ওজন সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়।

আয়তনিকভাবে নির্ণয় করিতে হইলে আয়রণ যদি ফেরাস অবস্থায় না থাকে তবে উহাকে স্ট্যানাস ক্লোরাইডদ্বারা বিক্রিয়া করিয়া ফেরাস অবস্থায় উপনীত করা হয়। তখন উহাতে কয়েক ফোঁটা মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করা হয়। যে ফেরাস লবণের দ্রবণ পাওয়া যায় উহাকে প্রমাণ পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্বারা টাইট্রেশন করা হয়।

## কোবাল্ট

চিহ্ন Co, ক্রমাঙ্ক 27, পাঃ গুরুত্ব 58.94,

ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$

প্রাচীনকালেও কোবাল্ট-খনিজের ব্যবহার জানা ছিল, (খ্রীঃ পূঃ ১৩৭৫) মিশরীয়েরা কাচ ও মৃৎশিল্পের রং-করার জন্য উহা ব্যবহার করিত। ব্রাণ্ডট্ (Brandt) কর্তৃক উহা আবিষ্কৃত হয়। প্রকৃতিতে কোবাল্টের পরিমাণ কমই এবং ইহা প্রায় সর্বদাই নিকেল ও আর্সেনিকের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। কোবাল্টের প্রধান আকরিক: (১) কোবাল্টাইট, (Co, Fe)AsS, (২) স্মলটাইট, $(Co, Fe, Ni)As_2$, (৩) এরিথ্রাইট, $Co_3(AsO_4)_2,8H_2O$, ইত্যাদি। কঙ্গো, রোডেশিয়া, অন্টারিও (কানাডা) প্রভৃতি অঞ্চলে কোবাল্ট খনিজ পাওয়া যায়। ভারতবর্ষে রাজস্থানে সামান্য কোবাল্ট আকরিক আছে।

**২৩-১৭। কোবাল্ট-উৎপাদন।** কোবাল্টের প্রধান আকরিক কোবাল্টাইটে প্রায় 3.5% ভাগ কোবাল্ট থাকে। আকরিকে উহার সঙ্গে যথেষ্ট আয়রণ, আর্সেনিক, নিকেল, কপার, সিলভার, সালফার যুক্ত থাকে। কোবাল্টের নিষ্কাশনের জন্য নিম্নোক্ত প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়।

(ক) আকরিকটিকে প্রথমে বিচূর্ণ করিয়া যথাসম্ভব গাঢ়ীকরণ করা হয় এবং তারপর উহাকে তাপজারিত করা হয়। ইহাতে আর্সেনিক ও সালফারের অনেকাংশ উদ্বায়িত হইয়া চলিয়া যায়। আয়রণ উহার অক্সাইডে পরিণত হয়।

(খ) বালু ও চুনাপাথরের সঙ্গে এই ভজিত আকরিককে মিশাইয়া একটি ছোট মারুত-চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহে বিগলিত করা হয়। ইহার ফলে, মাটি, বালুজাতীয় পদার্থ এবং

ফেরাস সিলিকেট ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট মিলিয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে। তরল অবস্থায় সমস্ত পদার্থ তিনটি বিভিন্ন স্তরে বিভক্ত হইয়া চুল্লীর নীচে সঞ্চিত হয়। (১) উপরের স্তরে থাকে মালিন্যসহ ধাতুমল। (২) মধ্যস্তরকে বলা হয়, 'স্পাইস' (speiss)। উহাতে সমস্ত কোবাল্ট থাকে এবং তৎসঙ্গে কোবাল্ট, নিকেল, আয়রণ, কপার ও সামান্য সিলভার, প্রধানতঃ আর্সেনাইড রূপে। (৩) সর্বনিম্ন স্তরে থাকে 'বুলিয়ন' (bullion), উহাতে অধিকাংশ সিলভার ও কপার থাকে। এই বুলিয়ন সিলভার সংগ্রহের একটি বড় উৎস।

(গ) ইহার পর মধ্যস্তরের স্পাইস্‌কে লইয়া বিচূর্ণ করিয়া উহার সঙ্গে যথেষ্ট NaCl মিশাইয়া একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে জারিত করা হয়। এই প্রক্রিয়াতে আর্সেনিক প্রায় সবটাই অক্সাইডরূপে উবিয়া যায় আর অন্যান্য ধাতুগুলি প্রধানতঃ উহাদের ক্লোরাইডে পরিণত হয়। উহাতে তখন থাকে, কোবাল্ট, নিকেল, কপার, আয়রণ প্রভৃতির ক্লোরাইড। উহার সঙ্গে কিছু সিলভার ক্লোরাইড থাকে।

(ঘ) এই ক্লোরাইড মিশ্রণকে তখন ফুটন্ত জল দিয়া পরিক্ষালিত করা হয়। সিলভার ক্লোরাইড ছাড়া অন্যান্য ক্লোরাইড দ্রবিত হয়। দ্রবণটি ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। অবশেষ হইতে সিলভার ক্লোরাইডকে থায়োসালফেট বা সায়ানাইড দ্রবণের সাহায্যে পৃথকভাবে দ্রবিত করা হয়।

পরিস্রাবিত ক্লোরাইড দ্রবণে কিছু লোহার ছিবড়া (scrap iron) দেওয়া হয়। উহাতে কপার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়। তারপর অতিরিক্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেট মিশান হয়। ইহাতে দ্রবণের সমস্ত লৌহ হাইড্রক্সাইডরূপে বাহির হইয়া আসে। দ্রবণটিকে পরিস্রাবিত করিয়া লইয়া এখন উহাতে কস্টিক সোডা মিশান হয়। সমস্ত নিকেল ও কোবাল্ট এখন উহাদের হাইড্রক্সাইড অবস্থায় অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া পৃথক করিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পোড়ান হয়। তখন কোবাল্ট ও নিকেলের অক্সাইড পাওয়া যায়।

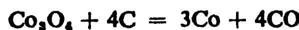
(ঙ) অক্সাইড মিশ্রণটিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া উহাতে প্রথমে চুন এবং পরে ব্লীচিং-পাউডার মিশান হয়। এই প্রক্রিয়াতে কেবলমাত্র কোবাল্টের হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।



$$2CoCl_2 + 2Ca(OH)_2 + Ca(OCl)Cl + H_2O \rightarrow 2Co(OH)_3 + 3CaCl_2$$

কোবাল্ট হাইড্রক্সাইডকে পৃথক করিয়া শুকাইয়া দাহ করা হইলে কোবাল্টো-কোবাল্টিক অক্সাইড, $Co_3O_4$, পাওয়া যায়।

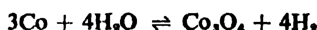
(চ) এই অক্সাইডকে কোকের সঙ্গে মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে উহা বিজারিত হইয়া কোবাল্ট ধাতুতে পরিণত হয়।



$$Co_3O_4 + 4C = 3Co + 4CO$$

**কোবাল্টের ধর্ম।** কোবাল্ট রূপার মত সাদা, দ্যুতিসম্পন্ন ধাতু (গলনাঙ্ক, 1499°C, ঘনত্ব 8.7)। ইহার যথেষ্ট কাঠিন্য, ঘাতসহতা ও প্রসার্যতা আছে। কিছু চুম্বক-ধর্মও উহার আছে। প্যালাডিয়াম বা নিকেলের মত ইহার খানিকটা হাইড্রোজেন-অধিশোষণ করার ক্ষমতাও আছে।

সাধারণ অবস্থায় বাতাসে কোবাল্ট আক্রান্ত হয় না; কিন্তু উত্তপ্ত অবস্থায় বাতাসে বা অক্সিজেনে উহার উপরিভাগ জারিত হইতে থাকে। কোবাল্ট এমনি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু লোহিত তপ্ত অবস্থায় ইহা স্টীমকে বিয়োজিত করিয়া থাকে।



$$3Co + 4H_2O \rightleftharpoons Co_3O_4 + 4H_2$$

ধাতুটি অধিকাংশ অ্যাসিডেই দ্রবীভূত হইয়া কোবাল্টাস যৌগ উৎপন্ন করে; তবে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড উহাকে 'নিষ্ক্রিয়' (passive) করিয়া দেয়।

কোবাল্ট সালফার, হাইড্রোজেন, ফসফরাস ও বোরণের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে কিন্তু নাইট্রোজেনের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।

**কোবাল্ট-সংকর।** কোবাল্টের সংকরগুলির মধ্যে নিম্নলিখিত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য:

**স্টেলাইট** (Stellite): এই সংকরটিতে আছে কোবাল্ট (50%), ক্রোমিয়াম, টাঙ্গস্টেন ও সামান্য কার্বন। ইহা খুবই দৃঢ়; ধারাল ছোট ছোট যন্ত্রপাতি ও ডাক্তারীর যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

**কোবাল্ট ইস্পাত**: এই জাতীয় ইস্পাতে 35% কোবাল্ট থাকে। ইহা স্থায়ী চুম্বক নির্মাণে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

**ফেসট্যাল ধাতু** (Festel metal):। কোবাল্ট, আয়রণ ও ক্রোমিয়াম সংযোগে এই সংকর ধাতুটি প্রস্তুত করা হয়। টেবিলে ব্যবহৃত ছুরি (table knives) তৈরীতে ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

**কোবাল্টের ব্যবহার।** বিভিন্ন সংকর ধাতু নির্মাণে, তড়িৎ-প্রলেপনে, কাচ ও সিরামিক শিল্পে রং করার কাজে কোবাল্ট প্রধানতঃ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহাছাড়া রং ও বার্ণিশের কাজে, শুষ্কীকরণ দ্রব্য হিসাবে কোবাল্ট-লবণসমূহের ব্যবহার জানা আছে। ইহা ছাড়া জীববিজ্ঞানে ইহার প্রয়োজনীয়তা রহিয়াছে। 'ভাইটামিন বি'-এর একটি উপাদান কোবাল্ট।

**কোবাল্ট যৌগসমূহ।** কোবাল্টের অধিকাংশ সাধারণ যৌগই দ্বিযোজী কোবাল্টের—কোবাল্টাস যৌগ। ত্রিযোজী কোবাল্টিক যৌগগুলি প্রায়ই জটিল-যৌগ গঠন করিয়া স্থায়িত্ব লাভ করে।

কোবাল্টের তিনটি অক্সাইড। কোবাল্টাস ও কোবাল্টিক অক্সাইড ছাড়াও কোবাল্টো-কোবাল্টিক অক্সাইড নামে মিশ্র অক্সাইডটিও জানা আছে।

**কোবাল্টাস অক্সাইড, CoO।** কোবাল্টিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে বিজারিত করিলে কোবাল্টাস অক্সাইড পাওয়া যায়। তাছাড়া বায়ুর অনুপস্থিতিতে কোবাল্টাস হাইড্রক্সাইড, কার্বনেট বা নাইট্রেটের তাপীয় বিয়োজন দ্বারাও ইহা প্রস্তুত করা সম্ভব।

ইহা ধূসর রং-এর পাউডার। এই ক্ষারীয় অক্সাইড অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া বিভিন্ন কোবাল্টাস যৌগ গঠন করিয়া থাকে।

**কোবাল্টিক অক্সাইড, $Co_2O_3$।** কোবাল্টাস যৌগের দ্রবণে ক্ষারীয় হাইপোক্লোরাইট অথবা ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করিয়া ইহা অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। কোবাল্টাস কার্বনেট বা নাইট্রেটকে বায়ুর উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়াও কালো রং-এর কোবাল্টিক অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

ইহা ঘোর বাদামী অথবা বাদামীআভাযুক্ত কালো রং-এর পাউডার। ইহা অ্যাসিডে

দ্রবীভূত হইলে বাদামী রং-এর দ্রবণ উৎপন্ন করে—উহা অস্থায়ী কোবাল্টিক লবণের জন্য।

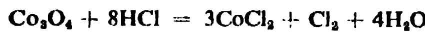
**কোবাল্টো-কোবাল্টিক অক্সাইড, $Co_3O_4$।** কোবাল্টাস নাইট্রেট অথবা কোবাল্টের নিম্নযোজ্যতার অক্সাইডকে বাতাসে খুব উত্তপ্ত করিলে কালো রং-এর পাউডার হিসাবে এই মিশ্র অক্সাইডটি পাওয়া যায়।



$$3Co(NO_3)_2 = Co_3O_4 + 7O_2 + 3N_2$$

তবে এই $Co_3O_4$-কে আবার 900°C-এর অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙিয়া CoO দেয়।

উল্লিখিত অক্সাইডটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরিন দেয়।



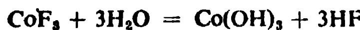
$$Co_3O_4 + 8HCl = 3CoCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$$

$Co^{2+}$ ও $Co^{3+}$—এই উভয় অবস্থাতেই কোবাল্ট আর যে সকল উল্লেখযোগ্য লবণ উৎপন্ন করে তাহা হইল উহাদের ফ্লুরাইড ও সালফেট।

**কোবাল্টাস ফ্লুরাইড, $CoF_2$।** অনার্দ্র কোবাল্টাস ক্লোরাইডকে হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে (300°C-এর বেশী) গোলাপী-লাল রং-এর কঠিন $CoF_2$ পাওয়া যায়। আর কোবাল্টাস কার্বনেটের দ্রবণ হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডে বাষ্পীভূত করিলে সোদক $CoF_2, 2H_2O$ উৎপন্ন হয়। এই যৌগটির দ্বি-লবণ $2NH_4F,CoF_2$ জানা রহিয়াছে।

**কোবাল্টিক ফ্লুরাইড, $CoF_3$।** কোবাল্টাস ফ্লুরাইডের উপর ফ্লুরিনের বিক্রিয়ায় বাদামী রং-এর অনার্দ্র পাউডাররূপে কোবাল্টিক ফ্লুরাইড উৎপন্ন হয়। কিন্তু 40% HF-এ কোবাল্টাস ফ্লুরাইডের দ্রবণকে প্লাটিনাম ডিসে লইয়া তাড়িতিক জারণ প্রক্রিয়ায় (পাত্রটি অ্যানোডের কাজ করে) সোদক $CoF_3,5H_2O$ (সবুজ) গঠিত হয়।

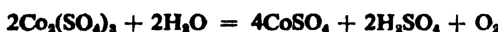
উত্তাপ প্রয়োগে $CoF_3$ ভাঙিয়া $CoF_2$ ও $F_2$ দেয়। ইহা জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া কোবাল্টিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে।



$$CoF_3 + 3H_2O = Co(OH)_3 + 3HF$$

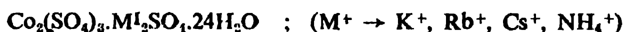
**কোবাল্টাস সালফেট, $CoSO_4,7H_2O$।** লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কোবাল্টাস অক্সাইড বা কার্বনেট দ্রবীভূত করিয়া উহাকে কেলাসিত করিলে বেগুণী রং-এর সোদক $CoSO_4,7H_2O$ পৃথক হয়। ইহা জলে খুবই দ্রাব্য এবং ফেরাস সালফেটের $(FeSO_4,7H_2O)$ সহিত সমাকৃতিক। ইহা অ্যামোনিয়াম সালফেটের সহিত দ্বি-লবণ উৎপন্ন করে: $CoSO_4,(NH_4)_2SO_4.6H_2O$—উহা আবার ম্যা'র লবণের সহিত সমাকৃতিক। 250°C-এ উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র কোবাল্টাস সালফেট পাওয়া যায়।

**কোবাল্টিক সালফেট, $Co_2(SO_4)_3,18H_2O$।** 40% $H_2SO_4$-এ কোবাল্টাস সালফেটের সংপৃক্ত দ্রবণ লইয়া মধ্যাবরক সেলে তাড়িতিক জারণ ক্রিয়ায় কোবাল্টিক সালফেটে পরিবর্তিত হয়। অবশ্য ওজোন বা ফ্লুরিনদ্বারাও এই জারণক্রিয়া সম্পন্ন করা যাইবে। শুষ্ক অবস্থায় যৌগটি স্থায়ী। কিন্তু জলীয় দ্রবণে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়।



$$2Co_2(SO_4)_3 + 2H_2O = 4CoSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2$$

এই সালফেট লবণটিও নীল রং-এর অ্যালাম গঠন করে ;

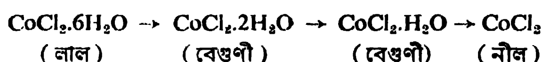


$$Co_2(SO_4)_3.M^I_2SO_4.24H_2O \quad ; \quad (M^+ \rightarrow K^+, Rb^+, Cs^+, NH_4^+)$$

এই অ্যালামগুলি ক্রোম অ্যালাম ও ফেরিক অ্যালামের সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন।

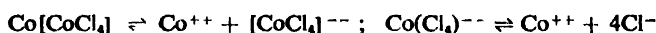
**কোবাল্টাস ক্লোরাইড,** $CoCl_2,6H_2O$। কোবাল্ট অক্সাইড বা কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহাকে বাষ্পীভূত করিলে লাল রং-এর সোদক $CoCl_2,6H_2O$ কেলাস পাওয়া যায়। কিন্তু অনাদ্র´ $CoCl_2$ (নীল) প্রস্তুত করিতে হইলে ধাতব কোবাল্টকে ক্লোরিন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়।

**ধর্ম।** সোদক ও অনাদ্র´ উভয় প্রকার কোবাল্টাস ক্লোরাইডই জলে দ্রবীভূত হয়। সোদক লবণটিকে উত্তপ্ত করিলে ধীরে ধীরে উহার কেলাসজল চলিয়া যাইতে থাকে ও উহার বর্ণও বিভিন্ন হয়।



$$\underset{\text{(লাল)}}{CoCl_2.6H_2O} \rightarrow \underset{\text{(বেগুণী)}}{CoCl_2.2H_2O} \rightarrow \underset{\text{(বেগুণী)}}{CoCl_2.H_2O} \rightarrow \underset{\text{(নীল)}}{CoCl_2}$$

কোবাল্টাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ক্রম বর্ণ-পরিবর্তনও একটি বিচিত্র ব্যাপার। 30°C পর্যন্ত উহার জলীয় দ্রবণ হাল্‌কা গোলাপী থাকে, উহাকে 50°C-এ উত্তপ্ত করিলে নীল হইয়া যায়। দ্রবণে $HCl$ বা $CaCl_2$-দ্রবণ যোগ করিলেও নীল হইয়া যায়। আবার নীল রং-এর উষ্ণ জলীয় দ্রবণে $Hg^{2+}$ অথবা $Zn^{2+}$ অথবা $SnCl_2$ যোগ করিলে উহা বেগুণী বর্ণ ধারণ করে। উল্লিখিত ঘটনাটি দ্রবণে কোবাল্টের জটিল-যৌগ কোবাল্টাস মারকারি ক্লোরাইড, $Co[HgCl_4]$ এবং ক্যালসিয়াম কোবাল্টো-ক্লোরাইড $Ca[CoCl_4]$ গঠনের জন্য হইয়া থাকে। প্রথমটিতে কোবাল্টের জটিল-আয়ন নাই কিন্তু দ্বিতীয়টিতে $(CoCl_4)^{2-}$ উহার জটিল-আয়ন আছে। বর্ণ-পরিবর্তনের উহাই হেতু। কারণ, $Co^{2+}$ হইল বেগুণী রং-এর আর $[CoCl_4]^{--}$ আয়নটি হইল নীল রং-এর। তাই দ্রবণে নিম্নলিখিত আয়নগুলি অবস্থান করে বলিয়া ধরা হয় :



$$Co[CoCl_4] \rightleftharpoons Co^{++} + [CoCl_4]^{--} \; ; \; Co(Cl_4)^{--} \rightleftharpoons Co^{++} + 4Cl^-$$

উল্লিখিত দুইটি আয়নের পরিমাণ অবশ্যই দ্রবণের তাপমাত্রা ও দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করিবে।

**ব্যবহার।** $CoCl_2$-এর দ্রবণ শুষ্ক বাতাসে সামান্য নীলাভ কিন্তু আদ্র´-অবস্থায় ফিকে বেগুণী— এই ঘটনার উপর নির্ভর করিয়া উহা 'অদৃশ্য কালি' হিসাবে ও 'আবহাওয়া নিরূপক'রূপে ব্যবহৃত হয়।

**কোবাল্টাস নাইট্রেট,** $Co(NO_3)_2,6H_2O$। কোবাল্টাস অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবীভূত করিয়া পরে দ্রবণটিকে বাষ্পীভূত করিলে সোদক $Co(NO_3)_2,6H_2O$ পৃথকীকৃত হয়। ইহা গোলাপী-বেগুণী রং-এর জলে দ্রবণীয় যৌগ। মৃদু উত্তপ্ত করিলেই উহা ভাঙিয়া কোবাল্টিক অক্সাইড, $Co_2O_3$ গঠন করে।

**কোবাল্টাস হাইড্রক্সাইড,** $Co(OH)_2$। ইহা নীল ও বেগুণী এই দুইভাবে অবস্থান করিতে পারে। কোবাল্টাস লবণের শীতল দ্রবণে ক্ষারের দ্রবণ যোগ করিলে নীল রং-এর হাইড্রক্সাইড পাওয়া যায় ; আর ক্ষারের দ্রবণে কোবাল্টাস যৌগের দ্রবণ যোগ করিলে বেগুণী হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। ক্ষারের দ্রবণের উপস্থিতিতে বিশেষতঃ

তাপিত অবস্থায় নীল রং-এর হাইড্রক্সাইডটি রাখিয়া দিলে বেগুণী রং-এ পরিবর্তিত হইয়া যায়। যে হাইড্রক্সাইডকণা অধঃক্ষিপ্ত হয় তাহার স্ফটিকাকারের পার্থক্য হেতু এই রং-এর পার্থক্য হয়।

উল্লিখিত হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপটি অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয় (এবং কোবাল্ট-অ্যামিন যৌগ গঠন করিয়া থাকে)।

**কোবাল্টাস কার্বনেট, $CoCO_3$।** কোবাল্টাস যৌগের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করিলে উজ্জ্বল লাল রং-বিশিষ্ট $CoCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। আর সোদক $CoCO_3,6H_2O$ বেগুণী রং যৌগটি কোবাল্টাস যৌগের দ্রবণে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট যোগ করিয়া $CO_2$ পাঠাইলে গঠিত হইয়া থাকে।



$$M^I_2CO_3.CoCO_3.4H_2O \qquad (M^I \rightarrow Na^+, K^+, NH_4^+)$$

এই দ্বি-লবণগুলিও জানা রহিয়াছে।

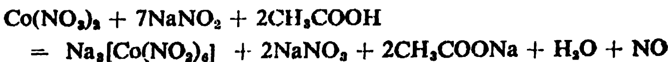
**কোবাল্টের জটিল যৌগসমূহ।** কোবাল্টের জটিল যৌগসমূহের মধ্যে কোবাল্টিসায়ানাইড, কোবাল্টিনাইট্রাইট এবং কোবাল্ট অ্যামিনসমূহই প্রধান। প্রত্যেক ক্ষেত্রেই $Co^{3+}$ আয়নটি ছয়টি লিগাণ্ড-অণু বা আয়নদ্বারা বেষ্টিত থাকে। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

**পটাসিয়াম কোবাল্টিসায়ানাইড, $K_3[Co(CN)_6]$।** কোবাল্টাস যৌগের সহিত অধিক পটাসিয়াম সায়ানাইড দ্রবণের বিক্রিয়ায় **পটাসিয়াম কোবাল্টোসায়ানাইড, $K_4[Co(CN)_6]$** গঠিত হয়। কিন্তু যৌগটি স্থায়ী নহে এবং এই দ্রবণটিকে একটু ফুটাইলে, (বিশেষতঃ $H_2O_2$ অথবা সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের উপস্থিতিতে), উহা হলুদ রংয়ের পটাসিয়াম কোবাল্টিসায়ানাইডে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন যৌগটি $K_3[Fe(CN)_6]$-এর সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। $[Co(CN)_6]^{3-}$ আয়নটি এত স্থায়ী যে হাইড্রোকোবাল্টি-সায়ানিক অ্যাসিডও, $H_3[Co(CN)_6]$, প্রস্তুত করা সম্ভব।



$$K_3[Co(CN)_6] \xrightarrow{CuSO_4} Cu_3[Co(CN)_6]_2 \xrightarrow{H_2S} H_3[Co(CN)_6]$$

**সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট, $Na_3[Co(NO_2)_6]$।** 50% অ্যাসেটিক অ্যাসিডে কোবাল্টাস নাইট্রেটের একটি ঘন দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহা সোডিয়াম নাইট্রাইটের ঘন দ্রবণে যোগ করা হয় (45° ~ 50°C-এ)। মিশ্রিত দ্রবণের মধ্যে পরে দ্রুত বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়।



$$Co(NO_3)_2 + 7NaNO_2 + 2CH_3COOH$$
$$= Na_3[Co(NO_2)_6] + 2NaNO_3 + 2CH_3COONa + H_2O + NO$$

দ্রবণে যৌগটি স্থায়ী নহে এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়া বিয়োজিত হইয়া যায়।

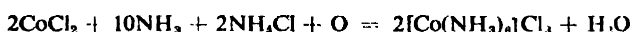


$$2Na_3[Co(NO_2)_6] + H_2O = 6NaNO_2 + 2Co(NO_2)_2 + 2HNO_2 + O$$

পটাসিয়াম সনাক্তকরণের কাজে উল্লিখিত যৌগটি বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বস্তুতঃ এই ক্ষেত্রে **পটাসিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট, $K_3[Co(NO_2)_6]$**—এর হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই যৌগটি বায়ু ও আলোকের উপস্থিতিতে স্থায়ী। পটাসিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট **'ফিশারের লবণ'** নামেও পরিচিত। ইহার কয়েকটি উল্লেখযোগ্য

ব্যবহার জানা রহিয়াছে। যেমন হলুদ রং (pigment) হিসাবে জলছবি ( water colour) ও তৈলচিত্রে ( oil paintings)) প্রয়োগ করা হয়। ইহাছাড়া পোর্সেলিনের পেন্টিং-এর কাজেও ব্যবহার করা হয়।

**কোবাল্ট-অ্যামিনসমূহ।** কোবাল্টাস লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া বায়ু-প্রবাহ চালনা করিলে কোবাল্ট-অ্যামিন গঠিত হয়। এই বিক্রিয়ায় কোবাল্টাস ক্লোরাইড ব্যবহার করিলে কমলা-হলুদ রং-এর **হেক্সামিন কোবাল্টিক ক্লোরাইড** উৎপন্ন হয়।



$$2CoCl_2 + 10NH_3 + 2NH_4Cl + O = 2[Co(NH_3)_6]Cl_3 + H_2O$$

উল্লিখিত বিক্রিয়াতে $NH_4Cl$-- এর পরিবর্তে HCl ব্যবহার করিলে এবং ঐ অ্যাসিড-দ্রবণটি উষ্ণ করিলে **ক্লোরোপেন্টামিন ক্লোরাইড,** $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ গঠিত হয়। স্পষ্টতঃই প্রথমোক্ত যৌগে তিনটি আর দ্বিতীয় যৌগে দুইটি আয়নিক ক্লোরাইড আয়ন রহিয়াছে। কিন্তু **ট্রাইক্লোরো অ্যামিন** $[Co(NH_3)_3Cl_3]$--এ কোন আয়নিক ক্লোরাইড নাই। কোবাল্টাস ক্লোরাইড, অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণটির জারণের ফলে **অ্যাকুয়োপেন্টামিন কোবাল্টিক ক্লোরাইড,** $[Co(NH_3)_5H_2O]Cl_3$ উৎপন্ন হয়--এক্ষেত্রেও তিনটি আয়নিক ক্লোরাইড আয়ন বর্তমান। এইভাবে বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন বিকারক ব্যবহার করিয়া অসংখ্য কোবাল্টামিন যৌগ প্রস্তুত করা হইয়াছে।

**কোবাল্টলবণের সনাক্তকরণ। শুষ্ক পরীক্ষা।** সোহাগা-গুঁটি পরীক্ষায় জারণ ও বিজারণ উভয় শিখাতেই সকল কোবাল্টযৌগই নীল-গুঁটি উৎপন্ন করিয়া থাকে। উহা কোবাল্ট মেটাবোরেট $Co(BO_2)_2$ অথবা জটিলযৌগ, $Na_2[Co(BO_2)_4]$ গঠনের জন্য হইয়া থাকে।

**সিক্ত পরীক্ষা।** কোবাল্টাস যৌগের দ্রবণে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম নাইট্রাইট যোগ করিলে হলুদ রং-এর পটাসিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইটের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া $\alpha$-নাইট্রোসো-$\beta$-ন্যাপথল নামক যৌগের দ্রবণ (অ্যাসেটিক অ্যাসিডে) কোবাল্টি-নাইট্রোসো-$\beta$-ন্যাপথল, $Co(C_{10}H_6O_2N)_3$- -এর লালাভ বাদামী-বর্ণের অধঃক্ষেপ (লঘু HCl-এর উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি করানো হয়) উৎপন্ন হয়।

ব্যাবহারিক রসায়নে কোবাল্টযৌগের উল্লেখযোগ্য ব্যবহার:

**কোবাল্ট নাইট্রেট পরীক্ষা।** চারকোল-ব্লক পরীক্ষায় ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি লবণ সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া জারণ শিখায় ফুৎ-নলের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে উহাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই অক্সাইডগুলির সহিত এক ফোঁটা কোবাল্ট নাইট্রেট বিক্রিয়া করাইয়া আবার জারণ শিখায় উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন বর্ণের অবশেষ পাওয়া যায়। ইহা ঐসমস্ত লবণের কোবাল্টিয়েট লবণ গঠনের দরুণ হইয়া থাকে। যেমন,

প্রত্যেক ক্ষেত্রেই কোবাল্ট নাইট্রেট ভাঙিয়া কোবাল্টাস অক্সাইড উৎপন্ন করে:



$$2Co(NO_3)_2 \rightarrow 2CoO + 4NO_2 + O_2$$

এই অক্সাইড অন্যান্য অক্সাইডের সঙ্গে যুক্ত হয়।



$$CoO + CaO = CaCoO_2 \text{ (ধূসর)}$$



$$CoO + MgO = MgCoO_2 \text{ (বেগুণী)}$$



$$CoO + Al_2O_3 = CoAl_2O_4$$ (থেনার্ড নীল)



$$CoO + ZnO = CoZnO_2$$ (রিনম্যান সবুজ)

ইহা ছাড়া ফসফেট, আর্সেনেট, সিলিকেট, বোরেট লবণসমূহের বেলায় নীল রং-এর অবশেষ পাওয়া যায়।

## নিকেল

চিহ্ন Ni; ক্রমাঙ্ক 28;
পাঃ গুরুত্ব 58.69; ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$

খ্রীষ্টপূর্ব 3000 সালেও কপারের সহিত নিকেল মিশাইয়া পাত্রনির্মাণের কাজে ব্যবহৃত হইত। 1751 খ্রীষ্টাব্দে ক্রনস্টেড (Cronsted) কাপফার-নিকেল (Kupfer-nickel) নামক খনিজ হইতে ধাতুটি নিষ্কাশন করেন। আর 1775 খ্রীষ্টাব্দে বার্জম্যান ইহার ধর্ম ও যৌগ বর্ণনা করেন।

প্রকৃতিতে নিকেল সালফার, আর্সেনিক এবং অ্যান্টিমনির সহিত যৌগাবস্থায় পাওয়া যায়। পৃথিবীর প্রধানতঃ দুইটি অঞ্চলেই নিকেল দেখা যায়: (১) ক্যানাডার অন্টারিও প্রদেশের নিউ সাডবেরীতে ও (২) অস্ট্রেলিয়ার নিউ ক্যালেডোনিয়ায়।

কয়েকটি প্রধান নিকেলের আকরিক হইল:

মিলিরাইট (millerite), NiS;

কাপফার-নিকেল, NiAs;

নিকোলাইট (niccolite), $NiAs_2$;

আল্‌মানাইট (ullmanite), NiSbS;

পেন্টল্যাণ্ডাইট (pentlandite), (Ni, Cu, Fe)S;

গারনিয়েরাইট (garnierite), $(Ni, Mg)SiO_3 . H_2O$, ইত্যাদি।

**নিষ্কাশন।** সাধারণতঃ সালফাইড অথবা সিলিকেট আকরিক হইতে নিকেলের নিষ্কাশন করা হইয়া থাকে। (ক) সালফাইড আকরিক যেমন, পেন্টল্যাণ্ডাইট (2.5% Ni) হইতে নিষ্কাশনে নিম্নলিখিত কয়েকটি প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়।

**গাঢ়ীকরণ।** আকরিককে ভালভাবে চূর্ণ করিয়া তৈলভাসন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকরণ করা হয়। এজন্য বিচূর্ণ আকরিক, জল, পাইন তৈল মিশাইয়া বাতাসের উপস্থিতিতে আলোড়িত করা হয়। ইহাতে প্রচুর ফেনা তৈয়ারী হয়া আকরিক কণাসমূহ ফেনার সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে, আর মাটি ও অন্যান্য ভারী অপদ্রব্য তলদেশে জমা হয়।

**তাপ-জারণ।** গাঢ়ীকৃত আকরিক (28% Ni)-কে বহুমুখী ভর্জক চুল্লীতে (multiple hearth roaster) তাপ-জারিত করা হয়। আয়রণ সালফাইড পুড়িয়া উহার অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড দেয় কিন্তু নিকেল ও কপার সালফাইড জারিত হয় না।

**বিগলন।** তাপজারিত আকরিককে কোয়ার্জ, কোক ও চুনাপাথরের সহিত মিশাইয়া ক্ষুদ্রাকৃতি মারুত-চুল্লীতে বিগলিত করা হয়। আয়রণ সালফাইডের অধিকাংশই ফেরাস অক্সাইডে জারিত হয়, উহা সিলিকার সহিত ধাতুমল গঠন করে। যে ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহাকে কোক ফেরাস অক্সাইডে পরিবর্তিত করে। উহাও ধাতুমলের সহিত মিশিয়া যায়। বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেটও গঠিত হইয়া থাকে। যাহা হউক,

বিগলিত পদার্থটি দুইটি স্তরে বিভক্ত হইয়া যায়—উপরের স্তরে থাকে ধাতুমল; নীচের স্তরকে বলা হয় 'ম্যাট'; উহাতে নিকেল ও কপার-সালফাইড ও কিছু আয়রণের মিশ্রণ থাকে।

**বিসিমার প্রক্রিয়া।** গলিত 'ম্যাট'কে এরপর একটি বিসিমার কনভারটার চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত একটু সিলিকাও মিশ্রিত করা হয়। যাহা হউক, কনভারটারে অবস্থিত গলিত ম্যাটের ভিতর উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ পরিচালিত করা হয়। প্রথমেই আয়রণ সালফাইড জারিত হয় এবং সিলিকা সংযোগে আয়রণ সিলিকেট ধাতুমলে পরিণত হয়। ধাতুমলকে সরাইলে যে 'নিকেলম্যাট' পাওয়া যায় উহাতে থাকে—Ni 55%, Cu 25%। ইহা ছাড়া বেশ কিছু সালফার ও সামান্য পরিমাণে আয়রণ ও কোবাল্ট থাকে। এই ম্যাট হইতে নিকেল প্রস্তুত করিতে হইলে বিভিন্ন প্রক্রিয়া অবলম্বন করা যায়। ইহার মধ্যে **মণ্ডের প্রণালী** (Mond Process) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই প্রণালীটি নিম্নলিখিত কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়।

**ম্যাটের তাপ-জারণ:** বিসিমার কনভারটার হইতে প্রাপ্ত মিশ্রিত সালফইডগুলিকে একটি বিশেষ ধরনের চুল্লীতে তাপ-জারিত করা হয়। ইহাতে উহাদের অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2NiS + 3O_2 = 2NiO + 2SO_2 \qquad Cu_2S + 2O_2 = 2CuO + SO_2$$

উৎপন্ন অক্সাইডগুলিকে এর পর 10% উষ্ণ ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডদ্বারা বিক্রিয়া করানো হয়। অধিকাংশ কপার অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায়। কিন্তু নিকেল অক্সাইড পড়িয়া থাকে।

**নিকেল অক্সাইডের বিজারণ:** যে নিকেল অক্সাইড (কিছু কপার ও আয়রণ অক্সাইড সহ) পড়িয়া থাকে উহাকে একটি বিজারকস্তম্ভে লইয়া উহাতে 300°C-এ 'ওয়াটার গ্যাস' পাঠানো হয়। গ্যাসের হাইড্রোজেন নিকেল ও কপার অক্সাইডকে বিজারিত করে (আয়রণ অক্সাইডকে বিজারিত করে না)।



$$NiO + H_2 = Ni + H_2O \qquad CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

**নিকেল কার্বনিল গঠন:** উল্লিখিত বিজারিত ধাতবমিশ্রণটিকে উদ্বায়ীকরণ (volatiliser) স্তম্ভের মধ্যে লইয়া উহাতে 50°C-এ কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাস পরিচালনা করা হয়। নিকেল কার্বন মনোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উদ্বায়ী নিকেল-কার্বনিল গঠন করে।



$$Ni + 4CO \rightleftharpoons Ni(CO)_4$$

**বিশুদ্ধ নিকেল**—যে নিকেল-কার্বনিল উৎপন্ন হইল উহা অপর একটি স্তম্ভে decomposer) প্রবেশ করে। উহাতে থাকে 180°C-এ উত্তপ্ত বিশুদ্ধ নিকেল টুকরা। যাহা হউক, এই স্তম্ভে নিকেল কার্বনিল বিয়োজিত হইয়া নিকেল (99·9% বিশুদ্ধ) দেয়। সঙ্গে সঙ্গে যে CO উৎপন্ন হয় উহা আবার ব্যবহার করা যায়।

(খ) সিলিকেট আকরিক হইতে নিকেল নিষ্কাশন করিতে হইলে একটু ভিন্ন প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়। যেমন, আকরিককে (যথা, গারনিয়ারাইট) উত্তমরূপে বিচূর্ণ করিয়া

উহার সহিত জিপসাম, চুনাপাথর ও কোক মিশাইয়া ক্ষুদ্রাকৃতি মারুতচুল্লীতে বিগলিত করা হয়। ইহাতে নিকেল উহার সালফাইডে পরিবর্তিত হয়।

$$CaSO_4 + 4C = CaS + 4CO \; ; \; NiSiO_3 + CaS = NiS + CaSiO_3$$

(জিপসাম) (কোক) (আকরিক)

আকরিকের আয়রণ ও ম্যাগনেসিয়াম উহাদের সিলিকেটরূপে $CaSiO_3$-এর সহিত ধাতুমলরূপে জমা হয়। এস্থলে দুইটি স্তর গঠিত হয়। উপরে থাকে ধাতুমল আর নীচের-স্তরে থাকে নিকেল সালফাইডের 'ম্যাট' (কিছু কপারের সালফাইডও থাকে)।

উল্লিখিত ম্যাটকে (ক)-এর প্রক্রিয়ার মতই বিসিমার কনভারটারে লইয়া জারিত করিয়া উহার অক্সাইড পাওয়া যায়। আর এই অবিশুদ্ধ অক্সাইডকে কোকদ্বারা জারিত করিয়া ধাতব নিকেল পাওয়া যায়। কিন্তু উহা বিশুদ্ধ নহে। তাই ইহার কার্বনিল গঠন করিয়া বিয়োজন করা যাইতে পারে।



$$2NiS + 3O_2 = 2NiO + 2SO_2. \qquad NiO + C = Ni + CO$$

অবিশুদ্ধ নিকেলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া দ্বারাও বিশোধন করা হয়। এই জন্য বিশুদ্ধ নিকেলের ক্যাথোড ও অবিশুদ্ধ নিকেলের অ্যানোড প্রস্তুত করিয়া নিকেল অ্যামোনিয়াম সালফেট, $NiSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$-দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। বিশুদ্ধ নিকেল ক্যাথোডে জমা হয়। আর অ্যানোডের কাছে আকরিকে অবস্থিত কপার, গোল্ড ইত্যাদি মূল্যবান ধাতু উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়।

**নিকেলের ধর্ম।** বিশুদ্ধ নিকেল রূপার মত সাদা ঘাতসহ, প্রাসার্যমান, মজবুত ধাতু। আয়রণ, কোবাল্টের মত ইহারও চৌম্বকীয় ধর্ম বর্তমান। বিচূর্ণ অবস্থায় ইহার হাইড্রোজেন অধিশোষণ করার যথেষ্ট ক্ষমতা আছে।

সাধারণ অবস্থায় নিকেলের জারণ হয় না; কিন্তু বাতাসে উত্তপ্ত করিলে উহা জ্বলিয়া নিকেলাস অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা জলের সঙ্গে স্বাভাবিকভাবে বিক্রিয়া করে না; তবে লোহিত তপ্ত অবস্থায় স্টীমকে বিয়োজিত করে।

$$Ni + H_2O = NiO + H_2$$

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া—গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ইহাকে আয়রণ কোবাল্টের মতই নিষ্ক্রিয় করিয়া দেয়। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত খুব মন্থরগতিতে বিক্রিয়া হইয়া উহাদের লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ক্ষারের সহিত উহার কোন বিক্রিয়া নাই।

**নিকেল-সংকর:** নিকেলের কতকগুলি প্রয়োজনীয় সংকর জানা রহিয়াছে। যথা, **নিকেল-স্টীল**—ইহাতে 2—5% Ni আছে। এই জাতীয় ইস্পাত দৃঢ়, স্থিতিস্থাপক ও মরিচারোধী। তাই এই ইস্পাত বর্ম, অটোমোবাইল-যন্ত্রাংশ, বিমান-যন্ত্রাংশ, ভারী-বন্দুক ইত্যাদি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। **'ইনভার'** হইল এক বিশেষ ধরনের নিকেল-স্টীল; উহাতে Ni(35%) ছাড়া কিছু ম্যাঙ্গানিজ ও কার্বন রহিয়াছে। ইহার প্রসারণ-

গুণাঙ্ক খুবই কম; আর উহা সুন্দরভাবে মরিচারোধী। ঘড়ির পেণ্ডুলাম ও অন্যান্য বৈজ্ঞানিক যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইহার ব্যবহার দেখা যায়। এইরূপ আর একটি সংকর হইল **'প্লাটিনাইট'** (Ni—46%)। ইহা প্লাটিনাম ধাতুকে মনে করাইয়া দেয়; তাই উহার ঐরূপ নামকরণ; ইহার প্রসারণ গুণাঙ্ক কাচ ও প্লাটিনামের সহিত তুলনীয়। ইলেকট্রিকবাল্‌বে ও রেডিও-ভালভে ইহা প্রয়োগ করা হয়।

**কপার-নিকেল সংকর—'কিউপ্রো-নিকেল'** (20% Ni) বুলেটের জ্যাকেট নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। **'সাদা মুদ্রা সংকর'** (25% Ni) ব্যবহার করা হয় মুদ্রা নির্মাণে। **'মোনেল মেটাল'** একটি উল্লেখযোগ্য কপার নিকেল সংকর। উহাতে 67% Ni, 30%Cu, 3%(Fe + Mn) থাকে। এই সংকরটি সাডবেরী নিকেল আকরিক হইতে প্রাপ্ত নিকেল-কপার ম্যাট হইতে সোজাসুজি প্রস্তুত করা যায়। ইস্পাতের মতই মোনেল-মেটালও ঘাত সহনশীল এবং উহা উচ্চ তাপমাত্রায়ও অনাক্রান্ত থাকে। যে সকল স্থানে অতি উত্তপ্ত স্টীম ব্যবহার করা হয়, যেমন টারবাইন-ব্লেডও অন্যান্য ভাল্‌ভে, সেইখানে ইহা ব্যবহার হয়।

ইহাছাড়া **'জার্মান সিলভার'** একটি উল্লেখযোগ্য সংকর (Cu-55%, Ni-25%, Zn-25%), গৃহস্থালীর কাজে পাত্রাদি নির্মাণে, গহনাপত্রে ইহা প্রয়োগ করা হয়। 'প্লাটি-নয়েড' (Cu-60%, Zn-24%, Ni-16%) ও 'কন্‌স্ট্যান্টান' (Cu-60%, Ni-40%) সংকর তড়িৎ-রোধকে ও থার্মোকাপ্‌ল-এ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

**নিকেল-ক্রোমিয়াম সংকর।** 'নাইক্রোম' (Ni-60%, Cr-15%, Fe-15%)—ইহা ইলেকট্রিক ফার্ণেসের তার নির্মাণে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়। আবার ক্রোমিয়াম, টাঙ্গস্টেন ও নিকেলের সংকর — ছোট ছোট ধারাল যন্ত্রপাতি প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

**নিকেলের ব্যবহার।** বিচূর্ণ নিকেল অনুঘটক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। ধাতব নিকেল মুচি, বাসনপত্র ও অন্যান্য ছোটখাট জিনিসপত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন সংকর ধাতু নির্মাণে নিকেলের ব্যবহার সমধিক। ইহাছাড়া ধাতুটি তড়িৎ প্রলেপনে এবং ক্ষারীয় তড়িৎ-সেলে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

## নিকেলের প্রধান প্রধান যৌগসমূহ

নিকেলের দ্বিযোজী যৌগগুলি অর্থাৎ নিকেলাস যৌগসমূহ স্থায়ী এবং প্রয়োজনীয়। উচ্চতর যোজ্যতার নিকেল যৌগ প্রায়ই পাওয়া যায় না এবং গুরুত্বও নাই। অবশ্য নিকেলের বিভিন্ন অক্সাইড জানা আছে।

**অক্সাইড।** নিকেলের দুইটি অক্সাইড জানা আছে—$NiO$, $Ni_2O_3$। **নিকেল অক্সাইড** $Ni^{II}O$। নিকেল হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটকে বায়ুর অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ নিকেল অক্সাইড প্রস্তুত হয়। ইহা একটি সবুজ রং-এর কঠিন পদার্থ; ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু অ্যাসিডে দ্রাব্য।

**নিকেল সেস্কুই-অক্সাইড** $Ni_2^{III}O_3$— $Ni^{II}O$-কে অথবা যেকোন নিকেল যৌগকে বায়ুতে খুব উত্তপ্ত করিলে $Ni_2O_3$ উৎপন্ন হয়। সোদক $Ni_2O_3.H_2O$ও প্রস্তুত

করা গিয়াছে। 138°C-এ উত্তপ্ত করিলে ইহা অক্সিজেন ত্যাগ করে ও NiO-তে পরিবর্তিত হয়।

**হাইড্রক্সাইড।** Ni(II) লবণের দ্রবণে ক্ষারের জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে সবুজ রং-এর জেলির মত $Ni(OH)_2$ গঠিত হয়। দীর্ঘ সময় ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে অধঃক্ষেপটি কেলাসিত হয়। এই যৌগটি অ্যাসিডে দ্রাব্য এবং Ni(II) যৌগসমূহ পাওয়া যায়; আবার উহা অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হইয়া অ্যামিন যৌগ গঠন করিয়া থাকে। ক্লোরিন অথবা হাইপোক্লোরাইটদ্বারা জলে প্রলম্বিত $Ni(OH)_2$কে জারিত করিলে নিকেলের মিশ্র অক্সাইডের কালো অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

**হ্যালাইড।** নিকেলের হ্যালাইডসমূহ অনাদ্র অবস্থায় জানা রহিয়াছে। ধাতুর সহিত হ্যালোজেনের সরাসরি বিক্রিয়ায় উহাদের পাওয়া সম্ভব। অবশ্য $NiF_2$-কে $(NH_4)_2NiF_4$ -এর তাপ-বিভাজনে পাওয়া যায়। উহাদের প্রত্যেকেই রঙীন; যেমন, $NiF_2$—সবুজ অথবা ফিকে বাদামী; $NiCl_2$—হলুদ; $NiI_2$—কালো। আর উহারা জলে দ্রাব্য (ফ্লুরাইড মাঝামাঝি রকমের দ্রাব্য)। জলীয় দ্রবণ হইতে সোদক $NiF_2 . 3H_2O$; এবং অন্যান্য হ্যালাইডগুলির বেলায় ছয়টি জলের অণু-বিশিষ্ট কেলাস পৃথক করা যায়। তাছাড়া, নিকেল অক্সাইড বা কার্বনেটকে প্রয়োজনীয় হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উহাকে কেলাসিত করিলে উল্লিখিত সোদক হ্যালাইডসমূহ পাওয়া যায়। যে ষড়সোদকের (haxahydrate) কথা বলা হইল উহারা আসলে এক একটি জটিল লবণ এবং উহাদের গঠনে $[Ni(H_2O)_6]^{2+}$-আয়ন রহিয়াছে। তবে দ্বি-হ্যালাইড (di-halide) গুলির বেলায় $[NiX_4]^{2-}$-এই জটিল আয়নও জানা রহিয়াছে।

**নিকেল কার্বনেট।** $Ni^{2+}$-লবণের জলীয় দ্রবণ $CO_2$ দ্বারা সংপৃক্ত করা সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণ যোগ করিলে সবুজ রং-যুক্ত সোদক $NiCO_3.6H_2O$ পাওয়া যায়। আর সোডিয়াম কার্বনেটদ্বারা বিক্রিয়ায় পাওয়া যায় সবুজ রং-এর ক্ষারীয় কার্বনেট।

**নিকেল সালফেট,** $NiSO_4.7H_2O$। নিকেল অক্সাইড অথবা ক্ষারীয় নিকেল কার্বনেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া পরে দ্রবণটিকে গাঢ় করিয়া কেলাসিত করা হয়। সোদক স্ফটিকটি উজ্জ্বল সবুজ রং-এর হয়। ইহা $MgSO_4.7H_2O$-এর সমাকৃতিসম্পন্ন। দীর্ঘসময় ধরিয়া উহাকে বাতাসে রাখিয়া দিলে ছয়টি জলের অণুসহ সোদক কেলাস গঠিত হয়। 280°C-এর অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে অনাদ্র $NiSO_4$ পাওয়া যায়।

উহা জলে খুবই দ্রাব্য। নিকেল সালফেট অ্যামোনিয়াম ও ক্ষারধাতুর সালফেটের সহিত দ্বি-লবণ গঠন করিয়া থাকে, যথা,

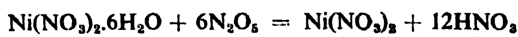


$$NiSO_4.(NH_4)_2SO_4.6H_2O$$

উহারা আবার ম্যো'র লবণের (Mohr salt) সহিত সমাকৃতিক। উল্লিখিত দ্বি-লবণগুলির মধ্যে নিকেল অ্যামোনিয়াম সালফেট খুবই প্রয়োজনীয়; উহা তড়িৎ-প্রলেপনে যথেষ্ট পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

**নিকেল নাইট্রেট,** $Ni(NO_3)_2.6H_2O$। নিকেল সালফেটের মত নিকেল অক্সাইড অথবা উহার ক্ষারীয় কার্বনেটকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি গাঢ়

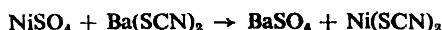
করিয়া কেলাসিত করিলে ঘাসের মত সবুজ রং-বিশিষ্ট সোদক $Ni(NO_3)_2.6H_2O$ পাওয়া যায়। উল্লিখিত সোদক নাইট্রেটকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র নাইট্রেট গঠিত হয়।



$$Ni(NO_3)_2.6H_2O + 6N_2O_5 = Ni(NO_3)_2 + 12HNO_3$$

লবণটি জলে খুবই দ্রাব্য।

**নিকেল থায়োসায়ানেট, $Ni(SCN)_2$।** নিকেল সালফেট ও বেরিয়াম থায়োসায়ানেটের বিক্রিয়ায় নিকেল থায়োসায়ানেট গঠিত হয়।



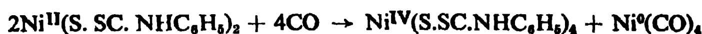
$$NiSO_4 + Ba(SCN)_2 \rightarrow BaSO_4 + Ni(SCN)_2$$

অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট ফিল্টার করিয়া পৃথক করা হয়। সবুজ রং-এর পরিস্রুত লইয়া গাঢ় করিলে বাদামী-হলুদ রং-বিশিষ্ট $Ni(SCN)_2$ পাওয়া যায়। অতিরিক্ত থায়োসায়ানেটের সহিত বিক্রিয়ায় উহা $[Ni(SCN)_4]^{2-}$, $[Ni(SCN)_6]^{4-}$ ইত্যাদি জটিল-আয়ন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

**সায়ানাইড লবণ।** $Ni^{2+}$-এর জলীয় দ্রবণে সায়ানাইড যোগ করিলে $Ni(CN)_2.xH_2O$ অধঃক্ষিপ্ত হয়। সোদক সায়ানাইডকে 180°—200°C উত্তপ্ত করিলে হলুদ-বাদামী রং-যুক্ত অনার্দ্র $Ni(CN)_2$ গঠিত হয়। সদ্য অধঃক্ষিপ্ত নিকেল সায়ানাইড অতিরিক্ত সায়ানাইডের উপস্থিতিতে $[Ni(CN)_4]^{2-}$ জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। এই জাতীয় দ্রবণ হইতে সোদক জটিল যৌগ, যেমন, $Na_2[Ni(CN)_4].3H_2O$, কেলাসিত করা সম্ভব।

**নিকেল কার্বনিল, $Ni(CO)_4$।** ইহা নিকেলের শূন্য যোজ্যতার একটি সমযোজী যৌগের উদাহরণ। ধাতব নিকেলের উপর 40-50°C-এ কার্বন মনোক্সাইড পাঠাইয়া যে বাষ্প পাওয়া যায় উহাকে ঘনীভূত করিলে তরল নিকেল-কার্বনিল উৎপন্ন হয়।

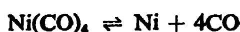
তবে হাইবারের প্রণালীই (Hieber, 1952) ল্যাবোরেটরীতে নিকেল-কার্বনিল প্রস্তুত করিবার সহজতম উপায়। ইহাতে নিকেলাস ফিনাইল ডাইথায়োকার্বামেট নামক যৌগের উপর কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া করানো হয়।



$$2Ni^{II}(S.SC.NHC_6H_5)_2 + 4CO \rightarrow Ni^{IV}(S.SC.NHC_6H_5)_4 + Ni^0(CO)_4$$

(এক্ষেত্রে $Ni^{2+}$-এর অসম-বিভাজন হইতেছে)।

নিকেল-কার্বনিল খুবই বিষাক্ত বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল (স্ফুটনাঙ্ক, 43°C)। বায়ুর উপস্থিতিতে উহা জারিত হইয়া যায়। জ্বালাইয়া দিলে উজ্জ্বল প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলে। 180—200°C-এ উত্তপ্ত টিউবের মধ্যে নিকেল কার্বনিল পাঠাইলে উহা বিযোজিত

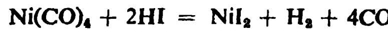


$$Ni(CO)_4 \rightleftharpoons Ni + 4CO$$

হইয়া থাকে এবং টিউবের শীতল অংশে ধাতব নিকেলের সুন্দর দর্পণ গঠিত হয়।

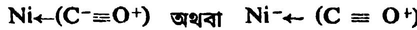
শক্তিশালী জারক-দ্রব্যসমূহ নিকেল কার্বনিলকে নিকেলাস লবণে পরিবর্তিত করে। যেমন, ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় নিকেলাস ক্লোরাইড ও কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

অনার্দ্র হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সহিত বিক্রিয়ায় নিকেলাস আয়োডাইড, হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হইয়া থাকে।



$$Ni(CO)_4 + 2HI = NiI_2 + H_2 + 4CO$$

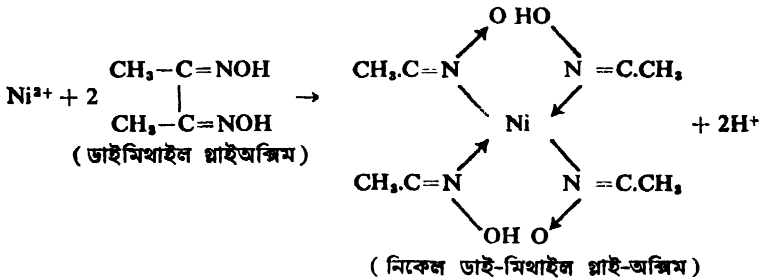
যৌগটি জলে অদ্রাব্য; কিন্তু ইথার, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়। যৌগটির গঠন চতুষ্কোণাকার; ইহার সংরচনা সাধারণতঃ নিম্নলিখিতভাবে লেখা হইয়া থাকে:



$$Ni \leftarrow (C^- \equiv O^+) \text{ অথবা } Ni^- \leftarrow (C \equiv O^+)$$

**নিকেলের পরীক্ষা।** সোহাগা-গুঁটি পরীক্ষায় নিকেল জারণ-শিখায় লালাভ বাদামী রং-এর গুঁটি আর বিজারণ শিখায় ধূসর রং-এর গুঁটি গঠন করিয়া থাকে।

নিকেলের সনাক্তকরণ ও পরিমাণ নির্ধারণের সর্বাপেক্ষা নির্ভরযোগ্য প্রক্রিয়া হইল নিকেলের সহিত ডাই-মিথাইল গ্লাইঅক্সিমের কোহল দ্রবণের বিক্রিয়া করানো। এই বিকারকটি অ্যামোনিয়া দ্রবণে নিকেলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উজ্জ্বল লাল রং-যুক্ত অধিক আয়তনসমন্বিত নিকেল ডাই-মিথাইল গ্লাইঅক্সিমের অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।



(নিকেল ডাই-মিথাইল গ্লাই-অক্সিম)

এই প্রক্রিয়ায় অনেক ধাতুর (যেমন, কোবাল্ট) উপস্থিতিতেই নিকেল সনাক্ত করা যাইবে।

আর নিকেলের পরিমাণ নির্ধারণ করিতে হইলে যে নিকেল ডাই-মিথাইলগ্লাইঅক্সিম পাওয়া গেল উহাকে 110°C-এ শুষ্ক করিয়া ওজন করা হয় এবং তাহা হইতে নিকেলের মাত্রা হিসাব করা যাইবে।

## অনুশীলনী

১। ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রণ—এই তিনটি মৌলের ও তাহাদের প্রধান প্রধান যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর।

২। আয়রণ, কোবাল্ট ও নিকেল—এই তিনটি মৌলের ও তাহাদের যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলীর একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

৩। আয়রণের প্রধান প্রধান আকরিকসমূহ কি কি? মারুতচুল্লীতে আয়রণ প্রস্তুতির বিক্রিয়াগুলি আলোচনা কর। পেটালোহাকে কিরূপে ইস্পাতে পরিণত করা হয়?

৪। কার্বনের মাত্রা অনুসারে যে বিভিন্ন প্রকার লোহা জানা আছে তাহাদের তুলনা কর। বিসিমার পদ্ধতিতে কিরূপে ইস্পাত প্রস্তুত করা হয়? ওপেনহার্থ প্রক্রিয়ার সহিত এই প্রক্রিয়ার তুলনা কর।

৫। কিরূপে ফেরাস ও ফেরিক লোহাকে পৃথক করিবে? বিভিন্ন প্রকার ফেরাস ও ফেরিক যৌগসমূহের প্রস্তুতি ও ধর্ম লিখ।

৬। কোবাল্ট অথবা নিকেলের নিষ্কাশনের প্রণালী বর্ণনা কর। যে ধাতুটির নিষ্কাশন বর্ণনা করিলে তাহার প্রধান প্রধান যৌগসমূহের প্রস্তুতিও বর্ণনা কর।

৭। 'ম্যাট' হইতে বিশুদ্ধ নিকেলপ্রস্তুতির একটি নামকরা প্রক্রিয়া বর্ণনা কর। এই ধাতুটির ধর্ম ও বিভিন্ন সংকর সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

৮। নিকেলের উৎসগুলি কি কি? যে কোনও আকরিক হইতে ধাতব নিকেল কিরূপে নিষ্কাশন করা হয়? কোবাল্ট লবণ হইতে নিকেল লবণ পৃথক করিবার দুইটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

৯। টীকা লিখ: (ক) আয়রণের নিষ্ক্রিয়তা ; (খ) মরিচা ও তাহার নিবারণ; (গ) ইস্পাত সংকর; (ঘ) ধাতুর তড়িৎ-প্রলেপন (ঙ) মণ্ডের প্রক্রিয়াদ্বারা বিশুদ্ধ নিকেল প্রস্তুতি।

১০। (ক) পর্যায়-সারণীতে আয়রণ, কোবাল্ট ও নিকেলের স্থান সমর্থন কর। (খ) ধাতুসমূহের কোবাল্ট-নাইট্রেট পরীক্ষা।

১১। নিম্নলিখিত যৌগসমূহ কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।
(ক) নিকেল কার্বনিল (খ) সবুজ ভিট্রিঅল হইতে 'রুজ' (গ) সোডিয়াম কোবাল্টিনাইট্রাইট (ঘ) সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড (ঙ) পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড (চ) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড (ছ) সোদক কোবাল্টাস ক্লোরাইড; (জ) ফেরাস অ্যামোনিয়াম সালফেট বা ম্য'র লবণ।

## পরিচ্ছেদ ২৪

# রাসায়নিক গণনা

(ক) **তুল্যাঙ্ক সংক্রান্ত গণনা :** "মৌলিক পদার্থগুলি সংযোগকালে উহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্কের অনুপাতে মিলিত হয়।" ইহাই তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র। যৌগের কোন মৌল বা মূলকের প্রতিস্থাপনেও ঐ একই সূত্র প্রযোজ্য। সমস্ত তুল্যাঙ্ক সংক্রান্ত গণনা এই সূত্রসম্মত।

**উদাহরণ ১।** এক গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড জলে দ্রবিত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশাইলে 2·110 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক কত?

আমরা জানি, সিলভার নাইট্রেটের তুল্যাঙ্ক = 107.88 + 35.46 = 143.34.
মনে কর, জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক, x.

$$\therefore \frac{x + 35.46}{143.34} = \frac{1}{2.110}, \quad \text{অর্থাৎ, তুল্যাঙ্ক, } x = 32.48$$

(২) একগ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম সালফেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া 1.225 গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্ক কত?
[তুল্যাঙ্ক, Cl = 35.5, $SO_4$ = 48] [উঃ 20.05]

(৩) কপার সালফেট দ্রবণে 0.14 গ্রাম ওজনের লৌহচূর দেওয়াতে 0.1575 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইল। লৌহের তুল্যাঙ্ক 28.0 হইলে কপারের তুল্যাঙ্ক কত? [উঃ 31.5]

(৪) একটি মৌলের 0.1827 গ্রাম ক্লোরাইড হইতে 0.1057 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেলে মৌলটির তুল্যাঙ্ক কি হইবে? [উঃ [29.74]

(৫) একটি উদ্বায়ী ধাতুর তুল্যাঙ্ক 100.3 এবং আপেক্ষিক তাপ 0.033। 760 মিমি চাপে এবং 500°C-এ 0.25 গ্রাম ধাতুর বাষ্পীয় আয়তন 79.5 সি.সি.। ধাতুটির পাঃ গুরুত্ব এবং আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 200.6]

(৬) একটি ধাতব ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ 54.42%। ঐ ক্লোরাইডের বাষ্পঘনত্ব, 8.16 (O = 1)। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক বাহির কর। উহার ক্লোরাইডের সংকেত কি হইবে? [উঃ 29.73, $MCl_4$]

(খ) **তাড়িত-বিশ্লেষণ সংক্রান্ত গণনা।** এই সকল গণনা সর্বদাই ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে করিতে হয়। মনে রাখিতে হইবে, (১) তড়িদ্দ্বারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন পদার্থ সঞ্চিত হইতে এক ফ্যারাডে বা 96500 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন। (২) হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, 0.0000104। অন্য কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি E হয়, তবে উহার তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হইবে, E × 0.0000104।

**উদাহরণ (১)।** একটি 25 বর্গ সেন্টি, ধাতব পাতের উপর তড়িৎ-বিশ্লেষণ সাহায্যে কপার পরিন্যস্ত (deposit) করা হইল। সঞ্চিত কপারের বেধ 0.1 মিলিমিটার। তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা 0.5 অ্যাম্পিয়ার। কপারের ঘনত্ব, 8.96 গ্রাম/সিসি। ঐ পরিমাণ কপার সঞ্চিত করিতে কতক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালনা করিতে হইবে?

মনে কর, t সেকেণ্ড সময় তড়িৎ-প্রবাহ দিতে হইবে। অতএব, ফ্যারাডে-সূত্র অনুসারে, w = czt

$$\text{অর্থাৎ,}\ 25 \times 0.01 \times 8.96 = 0.5 \times \frac{63.5}{2} \times 0.0000104 \times t$$

$$\therefore\ t = 3\ \text{hr}\ 46\ \text{min.}$$

(২) একটি সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে এক ঘণ্টার জন্য এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে যে ক্ষার উৎপন্ন হইবে উহাকে প্রশমিত করিতে 0.1N মাত্রার কতখানি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে? [উঃ 373.1 সি.সি.]

(৩) একটি কপার সালফেট দ্রবণে 40 মিনিটের জন্য 0.5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে ক্যাথোডে কি সংখ্যক কপার পরমাণু উৎসারিত হইবে? এবং অ্যানোডে 27°C এবং 756 মিমি চাপে কত আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে? (প্লাটি-নাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হইয়াছে)। [উঃ $37.4 \times 10^{20}$; 75.1 c.c.]

(৪) 0.25 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ এক ঘণ্টায় 0.295 গ্রাম কপার উৎপন্ন করিলে, কপারের তুল্যাঙ্ক কত হইবে? [উঃ 31.5]

(৫) একটি ডেনিয়েল সেলের ব্যাটারী হইতে কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়ার ফলে 3.15 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইল। ব্যাটারীর ভিতরে ঐ সময়ে কতগ্রাম জিঙ্ক দ্রবীভূত হইল এবং কি পরিমাণ কপার উৎপন্ন হইল? [উঃ 3.25, 3.15]

**(গ) সংকেত এবং সমীকরণসাহায্যে গণনা:** উদাহরণ (১)। পটাসিয়াম সালফেটে পটাসিয়াম 44.82% এবং অক্সিজেন 36.78% ভাগ আছে। উহার স্থূল সংকেত কি হইবে? [K = 39, S = 32].

পটাসিয়াম-সালফেটে পটাসিয়াম, সালফার ও অক্সিজেন আছে।

∴ সালফারের পরিমাণ 100—44.82—36.78 = 18.4%

অতএব, ওজনের অনুপাতে, K : S : O = 44.82 : 18.4 : 36.78

$$\therefore\ \text{পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে,}\ K : S : O = \frac{44.82}{39} : \frac{18.4}{32} : \frac{36.78}{16}$$

$$= 1.15 : 0.57 : 2.29$$

ইহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ছোট রাশি, 0.57। অনুপাতটি 0.57 দ্বারা ভাগ করিয়া, উহাকে সরলতর করা যাইতে পারে।

$$\therefore\ K : S : O = \frac{1.15}{.57} : \frac{.57}{.57} : \frac{2.29}{.57} = 2.01 : 1 : 4.01$$

4.01 এবং 2.01 এই সংখ্যাগুলি প্রায় পূর্ণসংখ্যার সমান। সুতরাং উহার পরিবর্তে আসন্ন পূর্ণসংখ্যা 4 এবং 2 ধরিয়া লইতে হইবে। অতএব, পটাসিয়াম-সালফেটের স্থূল-সঙ্কেত হইবে, $K_2SO_4$।

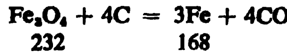
(২) সালফার, ক্লোরিন ও অক্সিজেনে গঠিত একটি যৌগপদার্থে S = 23.76% এবং Cl = 52.54% আছে। পদার্থটির বাষ্প-ঘনত্ব = 68। উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর। (বোম্বাই)

(৩) সিলিকন ক্লোরাইডে 16.47 শতাংশ সিলিকন আছে। উহার বাষ্প-ঘনত্ব 85। সিলিকনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

(৪) একটি দ্বিযৌগিক লবণের বিশ্লেষণে দেখা গেল, K = 17.8, Ni = 13.5,

$SO_4 = 44$ এবং $H_2O = 24.7$ শতাংশ আছে। লবণটির সঙ্কেত কি হইবে?
[$K = 39$, $Ni = 58.7$]

(৫) একটি ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা 60 ভাগ ফেরাসোফেরিক অক্সাইড আছে। এই আকরিকের পাঁচ শত মণ হইতে কতটা লৌহ পাওয়া যাইতে পারে? [$Fe = 56$]



$$\underset{232}{Fe_3O_4} + 4C = \underset{168}{3Fe} + 4CO$$

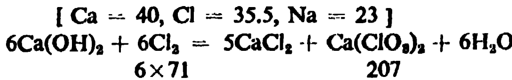
$\therefore$ 500 মণ আকরিকে আয়রণ অক্সাইডের পরিমাণ $= \frac{500 \times 60}{100} =$ 300 মণ।

দেখা যাইতেছে, 232 মণ অক্সাইড হইতে 168 মণ লৌহ পাওয়া সম্ভব।

$\therefore$ 300 মণ অক্সাইড হইতে $\frac{168 \times 300}{232}$....... মণ লৌহ পাওয়া যাইবে $= 217.2$ মণ।

(৬) সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্লোরিন উৎপন্ন করা হইল। ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে উদ্ভূত চুনের দ্রবণে উহা শোষণ করাইয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করা হইল। 828 গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করিতে কতটা সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত করা প্রয়োজন হইবে?

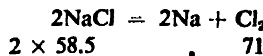
[$Ca = 40$, $Cl = 35.5$, $Na = 23$]



$$6Ca(OH)_2 + \underset{6\times71}{6Cl_2} = 5CaCl_2 + \underset{207}{Ca(ClO_3)_2} + 6H_2O$$

অর্থাৎ, 207 গ্রাম $Ca(ClO_3)_2$ প্রস্তুতিতে 426 গ্রাম $Cl_2$ প্রয়োজন।

$\therefore$ 828 গ্রাম $Ca(ClO_3)_2$ প্রস্তুতিতে $\frac{426 \times 828}{207}$ গ্রাম $Cl_2 = 1704$ গ্রাম $Cl_2$ প্রয়োজন।



$$\underset{2\times58.5}{2NaCl} = 2Na + \underset{71}{Cl_2}$$

অর্থাৎ, 71 গ্রাম $Cl_2$ প্রস্তুতিতে 117 গ্রাম NaCl প্রয়োজন।

$\therefore$ 1704 গ্রাম $Cl_2$ প্রস্তুতিতে $\frac{117 \times 1704}{71} = 2808$ গ্রাম NaCl প্রয়োজন।

(৭) পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেটের ১২ গ্রাম একটি মিশ্রণ তাপিত করার পর 8·08 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া রহিল। মিশ্রণটিতে ক্লোরেট কত শতাংশ ছিল?
উঃ 83·4%

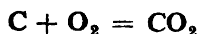
(৮) KCl এবং NaCl এর 1·873 গ্রাম একটি মিশ্রণ হইতে 3·731 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কতটুকু সোডিয়াম ক্লোরাইড ছিল? উঃ 0.231 গ্রাম

(৯) 4 গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট মিশ্রণ তাপিত করাতে 0·464 গ্রাম ওজনের হ্রাস হইল। মিশ্রণটিতে সোডিয়াম কার্বনেটের অনুপাত কত? উঃ 2·714 গ্রাম

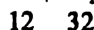
(১০) KCl এবং KI এর খানিকটা মিশ্রণ পটাসিয়াম সালফেটে পরিণত করিলে দেখা গেল ওজনের কোন তারতম্য ঘটে নাই মিশ্রণে আয়োডাইড এবং ক্লোরাইড কি অনুপাত ছিল? উঃ 74:26

(১১) 8 গ্রাম $MnO_2$ সাহায্যে HCl হইতে ক্লোরিন উৎপাদন করিয়া উহাকে KI-দ্রবণে পরিচালনা করিলে কতটা আয়োডিন পাওয়া যাইবে? উঃ 23·4 গ্রাম

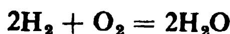
১২। বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ, 23%। একটি খনির কয়লাতে দেখা গেল, কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ C = 96%, H = 4%। 15°C—এ এবং 756 মিমি চাপের কত লিটার বাতাসের সাহায্যে উপরোক্ত কয়লার 10 কিলোগ্রাম সম্পূর্ণ জারিত করা যাইবে? (বাতাসের ঘনত্ব, 14.4)



$C + O_2 = CO_2$



12 32



$2H_2 + O_2 = 2H_2O$



4 32

১০ কিলোগ্রাম কয়লাতে কার্বনের পরিমাণ 9600 গ্রাম। হাইড্রোজেনের পরিমাণ=400 গ্রাম।

অর্থাৎ 12 গ্রাম কার্বনের জারণের জন্য 32 গ্রাম $O_2$ প্রয়োজন

$$\therefore \quad 9600 \cdots\cdots\cdots\cdots \frac{32 \times 9600}{12} \cdots\cdots\cdots\cdots$$

এবং 4 গ্রাম $H_2$—এর জারণের জন্য 32 গ্রাম $O_2$ প্রয়োজন

$$\therefore \quad 400 \cdots\cdots\cdots\cdots 3200 \ldots O_2 \cdots$$

$$\therefore \quad \text{কয়লার সম্পূর্ণ জারণের জন্য } \frac{32 \times 9600}{12} + 3200$$

=28800 গ্রাম $O_2$ প্রয়োজন।

কিন্তু 23 গ্রাম অক্সিজেন 100 গ্রাম বাতাসে থাকে।

$$\therefore \ 28800 \cdots\cdots \frac{100 \times 28800}{23} \text{ গ্রাম বাতাসে থাকে}$$

কিন্তু প্রমাণ-অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = .09 গ্রাম।

$\therefore$ 1 লিটার বাতাসের ওজন = .09 × 14.4 = 1.296 গ্রাম।

অতএব প্রমাণ-অবস্থায়, প্রয়োজনীয় বাতাসের

$$\text{আয়তন} = \frac{100 \times 28800}{23 \times 1.296} = 96618.3 \text{ লিটার}$$

উক্ত বাতাসের আয়তন 15° সেন্টি, এবং 756 মিলিমিটার চাপে যদি V ধরা হয়, তাহা হইলে

$$\frac{V \times 756}{288} = \frac{96618.3 \times 760}{273}$$

অথবা, V = 102466.3 লিটার বাতাস প্রয়োজন হইবে।

১৩। $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$ এর একটি মিশ্রণের এক গ্রাম হইতে প্রমাণ-অবস্থায় 240 ঘন সেন্টিমিটার $CO_2$ গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রণটির উপাদান দুইটির অনুপাত কি ছিল? (উঃ 3 : 5) (নাগপুর)

১৪। একটি $KClO_3$র সহিত কিছু KCl মিশ্রিত ছিল। এই মিশ্রণের 1.555 গ্রাম বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া গেল উহাতে 27° সেন্টি এবং 750 মিলিমিটার চাপের 152 ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলীনকে সম্পূর্ণ জারিত করা সম্ভব হইল। মিশ্রণটিতে $KClO_3$ শতকরা কত ভাগ ছিল? উঃ 80.09% (কলিকাতা)

১৫। আয়তন হিসাবে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ শতকরা 21 ভাগ। মোমের উপাদান $C = 80\%$ এবং $H = 20\%$। 60 গ্রাম মোম পোড়াইতে 27° সেন্টি. এবং 750 মিলিমিটার চাপে কত পরিমাণ আয়তনের বাতাস প্রয়োজন হইবে?

উ: 831.4 লিটার (কলিকাতা)

১৭। 1.3158 গ্রাম একটি চুনাপাথর খনিজকে HCl-এ দ্রবীভূত করা হইলে 27°C-এ এবং 750 মিমি চাপে 311.8 সিসি গ্যাস পাওয়া গেল। ঐ খনিজ 1.0526 গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার পর 0.6126 গ্রাম কঠিন অবশেষ পাওয়া গেল। উৎপন্ন গ্যাসের প্রমাণ ঘনত্ব কত এবং উহার আণবিক গুরুত্ব কত বাহির কর। (উ: $M = 44$) [কলিকাতা, 1964]

গ্যাসমিতি: (১৮) কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন এবং ইথেনের একটি 10 c.c. মিশ্রণকে 40 c.c. অক্সিজেন সহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে 12 c.c. $CO_2$-গ্যাস উৎপন্ন হইল এবং 23 c.c. অক্সিজেন অবশিষ্ট রহিল। গ্যাসমিশ্রণে উপাদানগুলির পরিমাণ বাহির কর।

মনে কর, মিশ্রণে আয়তন হিসাবে $CO = x$ c.c.; $CH_4 = y$ c.c. এবং ইথেন z c.c আছে।

$$\therefore \quad x + y + z = 10 \text{ c.c.}$$

জানা আছে,



$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন



$$CH_4 + 2O_2 = CO_2$$

1 ঘনায়তন 2 ঘনায়তন 1 ঘনায়তন



$$2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$$

2 ঘনায়তন 7 ঘনায়তন 4 ঘনায়তন

অতএব $CO_2$ উৎপন্ন করিতে,

| | প্রয়োজনীয় অক্সিজেন | উৎপন্ন $CO_2$ |
|---|---|---|
| x c.c. CO-এর জন্য | x/2 c.c. | x c.c. |
| y c.c. $CH_4$-এর জন্য | 2y c.c. | y c.c. |
| z c.c. $C_2H_6$-এর জন্য | (7/2) z c.c. | 2z c c |

$$\therefore \quad x + y + z = 10$$

$$\frac{x}{2} + 2y + \frac{7}{2}z = 40 - 23 = 17$$

$$x + y + 2z = 12$$

সমাধান করিলে পাওয়া যায়, $x = 4$ c.c., $y = 4$ c.c., $z = 2$ c.c.

১৯। 70 ঘনসেন্টিমিটার CO, 28 ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করা হইল। তৎপর গ্যাস-মিশ্রণকে KOH দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হইলে কি গ্যাস কত পরিমাণে অবশিষ্ট থাকিবে?

(উ: 14 ঘনসেন্টি, CO) (বোম্বে)

২০। 25 ঘনসেন্টিমিটার আয়তন একটি হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া পরিচালনার পর দেখা গেল উহার আয়তন 20 ঘনসিন্টি-

মিটার হইয়াছে। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান দুইটি শতকরা কি পরিমাণে ছিল? চাপ ও উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় নাই। (উঃ NO, $13\frac{1}{3}\%$; $H_2$, $86\frac{2}{3}\%$) (কলিকাতা)

২১। একটি কোলগ্যাসে, $H_2 = 45\%$, $CH_4 = 30\%$, $CO = 20\%$ এবং $C_2H_2 = 5\%$ ছিল। 100 ঘনায়তন কোলগ্যাসে 160 ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎশিখার সাহায্যে জারিত করিলে, বিক্রিয়া-শেষে কি কি গ্যাস কত পরিমাণে থাকিবে এবং গ্যাসের মোট আয়তন কত হইবে? (উঃ $CO_2$, 60 ঘনসেন্টি, ; $O_2$, 55 ঘনসেন্টি;) (পাঞ্জাব)

২২। কার্বন-মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের এক লিটার একটি মিশ্রণ হইতে 1600 ঘনসেন্টিমিটার CO পাওয়া গেল। উষ্ণতা ও চাপের কোন পরিবর্তন হয় নাই। গ্যাসমিশ্রণের উপাদান দুইটি কত পরিমাণে ছিল। (উঃ CO, 400, $CO_2$, 600 ঘনসেন্টি,) (কলিকাতা)

২৩। মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীনের 20 ঘন সেন্টিমিটার একটি মিশ্রণকে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করিতে 49 ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উহার ফলে, 33 ঘনসেন্টিমিটার $CO_2$ পাওয়া গেল। মিশ্রণের উপাদানগুলি কোন্‌টা কত পরিমাণে ছিল? (উঃ $CH_4$, 7; $C_2H_4$, 5; $C_2H_2$, 8 ঘনসেন্টি)।

২৪। কতকগুলি অ্যালুমিনিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের মিশ্রিত পাতলা পাত—মোট ওজন 0.15 গ্রাম—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে 187 c.c. অনার্দ্র হাইড্রোজেন 27°C এবং 750 মিমি চাপে পাওয়া গেল। মিশ্রিত পাতের শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর। (Al = 27, Mg = 24) (উঃ 0.9; 0.6 gms) (কলিকাতা, 1969)

২৫। অক্সালিক অ্যাসিড এবং ফরমিক অ্যাসিডের একটি মিশ্রণকে গাঢ় $H_2SO_4$ সহ উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাস পাওয়া গেল উহাকে KOH দ্রবণে শোষণ করাইলে গ্যাসের আয়তন এক-ষষ্ঠমাংশ হ্রাস পাইল। মিশ্রণে অ্যাসিড দুইটি কি অনুপাতে ছিল? [উঃ 1 : 4]

(ঘ) **অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি:** অম্লের যতভাগ পরিমাণ ওজনে একভাগ প্রতি-স্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, সেই পরিমাণকে অম্লের তুল্যাঙ্ক বলে। যেমন, $H_2SO_4$এর আঃ গুরুত্ব, 98। উহার 49 গ্রামে এক গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন-যোগ্য, সুতরাং উহার তুল্যাঙ্ক, 49 ; গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, 49 গ্রাম।

অনুরূপ ভাবে ক্ষারের যতভাগ পরিমাণ ওজনে একটি OH-মূলক অথবা 17 ভাগ ওজনের OH-মূলক থাকে, সেই পরিমাণকে ক্ষারের তুল্যাঙ্ক বলে। যত গ্রাম ক্ষারবস্তুতে 17 গ্রাম OH-মূলক বর্তমান, তাহা ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। 40 গ্রাম কস্টিক সোডাতে 17 গ্রাম OH-আছে, সুতরাং উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, 17 গ্রাম।

লবণের তুল্যাঙ্কও এইভাবে স্থির করা যায়। লবণের ভিতর যে ধাতুটি থাকে তাহার তুল্যাঙ্ক ভাগ যতগ্রাম লবণে থাকিবে, উহাই লবণটির গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। যেমন, সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক 23। সোডিয়াম কার্বনেটের (আঃ গুরুত্ব, 106) 53 ভাগে 23 ভাগ সোডিয়াম আছে। অতএব সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, 53 গ্রাম।

এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে বলা হয় 'তুল্য-দ্রবণ' (1N-দ্রবণ)। দ্রবণের এক লিটারে যদি এক শতাংশ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবিত থাকে, তবে উহার শক্তির মাত্রা বা তুল্যাঙ্ক-মাত্রা হইবে, 0.01N; ইত্যাদি।

"যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যে কোন ক্ষারের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ককে প্রশমিত করিতে পারে।"

অর্থাৎ, 53.0 গ্রাম $Na_2CO_3$ = 49.0 গ্রাম $H_2SO_4$

"যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম তুল্যাঙ্কের প্রশমন-ক্ষমতা সমান।" ফলে, যে কোন অ্যাসিডের এক লিটার তুল্য-দ্রবণ যে কোন ক্ষারের এক লিটার তুল্য-দ্রবণকে প্রশমিত করে।

অতএব, কোন অম্লের তুল্যদ্রবণের কোন নির্দিষ্ট আয়তনকে প্রশমিত করিতে একটি ক্ষারের সমায়তন তুল্যদ্রবণ প্রয়োজন।

মনে কর, $V_1$ c.c. $x(N)$ ক্ষার দ্রবণকে প্রশমিত করিতে $V_2$ c.c. $y(N)$ অম্লদ্রবণ প্রয়োজন হইল।

এখন, $V_1$ c.c. $x(N)$ ক্ষারদ্রবণ ≡ $(x \times V_1)$ c.c. 1.0(N) ক্ষারদ্রবণ

আবার, $V_2$ c.c. $y(N)$ অম্লদ্রবণ ≡ $(y \times V_2)$ c.c. 1.0(N) অম্লদ্রবণ

যেহেতু তুল্য-দ্রবণ সমায়তনে প্রশমিত হয়।

$$\therefore\ x \times V_1 = y \times V_2$$

বলা যায়, ক্ষারের মাত্রা × ক্ষারের আয়তন = অম্লের মাত্রা × অম্লের আয়তন। উপরোক্ত নির্দেশগুলির সাহায্যেই অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির গণনা করা যায়।

**উদাহরণ ১।** 20 ঘনসেন্টিমিটার N HCl এবং 60 ঘনসেন্টিমিটার $\frac{1}{2}$N $H_2SO_4$ মিশ্রিত করা হইয়াছে। মিশ্রণটিকে 0.33 N KOH দ্রবণ সাহায্যে প্রশমিত করিতে কতটা ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে?

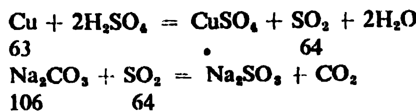
60 ঘনসেন্টিমিটার $\frac{N}{2}$ $H_2SO_4$ ≡ 30 ঘনসেন্টিমিটার N $H_2SO_4$

∴ মিশ্রণে মোট (20 + 30) = 50 ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ আছে। মনে কর, উহার প্রশমনে $x$ ঘনসেন্টিমিটার .33N KOH লাগিবে।

∴ $x$ ঘনসেন্টিমিটার .33N ক্ষার-দ্রবণ ≡ 50 ঘনসেন্টিমিটার অম্লের তুল্য-দ্রবণ।

∴ $x \times .33 = 50 \times 1$ অর্থাৎ, $x = 151.5$ ঘন সেন্টি।

**উদাহরণ ২।** 10 গ্রাম কপারের সহিত অতিরিক্ত গাঢ় $H_2SO_4$ এর বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত $SO_2$ গ্যাস যদি 1 লিটার $\frac{1}{2}$N $Na_2CO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করা হয়, তবে কত গ্রাম $Na_2CO_3$ অপরিবর্তিত থাকিবে? (কলিকাতা)



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
63     64

$$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$$
106     64

∴ 63 গ্রাম কপারের বিক্রিয়া-উদ্ভূত $SO_2$ 106 গ্রাম $Na_2CO_3$কে রূপান্তরিত করে।

∴ 10 গ্রাম.................... $\frac{106 \times 10}{63}$ গ্রাম......................

= 16.82 গ্রাম $Na_2CO_3$।

$Na_2CO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, 53 গ্রাম।

∴ $\frac{1}{2}$N মাত্রার এক লিটার $Na_2CO_3$ দ্রবণে $\frac{53}{2}$ = 26.5 গ্রাম $Na_2CO_3$ ছিল।

∴ অপরিবর্তিত $Na_2CO_3$এর পরিমাণ = 26.5−16.82 = 9.68 গ্রাম।

৩। 1.08 গ্রাম $NH_4Cl$-কে 62 c.c. (N/2) NaOH-এর সঙ্গে ফুটাইয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূরীভূত করিলে, অতিরিক্ত ক্ষারটুকু প্রশমিত করিতে 44 c.c. (N/4) HCl প্রয়োজন হইল। লবণটিতে অ্যামোনিয়ার অনুপাত কত বাহির কর। [কলিকাতা, 1962]

[উঃ $NH_3$, 31.5%]

৪। একটি HCl দ্রবণের 50 c.c. লইয়া উহাতে 25 c.c. (0.82 N) NaOH মিশান হইল। অতিরিক্ত ক্ষারটুকু প্রশমিত করিতে 30 c.c. (0.09N) $Na_2CO_3$ প্রয়োজন হইল। HCl দ্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম অ্যাসিড ছিল? [কলিকাতা, 1963]

৫। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম সালফেটের 0.40 গ্রাম একটি মিশ্রণকে অতিরিক্ত কস্টিক সোডা মিশাইয়া পাতিত করা হইল। পাতিত তরলটিকে প্রশমিত করিতে 13.65 c.c. (N/2) $H_2SO_4$ প্রয়োজন হইল। মিশ্রণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের অনুপাত কত ছিল? (উ: 53.98%) [কলিকাতা, 1967]

৬। 0.475 গ্রাম $Na_2CO_3$ এবং $NaHCO_3$ মিশ্রণের জলীয় দ্রবণকে (0.5N)$H_2SO_4$ দ্বারা মিথাইল-অরেঞ্জ সূচক ব্যবহার করিয়া টাইট্রেশন করা হইল। প্রশমণ-ক্ষণে 15 c.c. অ্যাসিড প্রয়োজন হইল। মিশ্রণে $Na_2CO_3$--এর শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর।
উ: 56.46% [কলিকাতা, 1970]

৭। সোডিয়াম-বাই-সালফেট $NaHSO_4$ অম্লরূপে ব্যবহৃত হয়। 250 ঘনসেন্টি-মিটার 1.2N $HNO_3$ প্রশমনে যতখানি N KOH প্রয়োজন হয় সেই পরিমাণ কস্টিক-পটাস প্রশমিত করিতে কত গ্রাম $NaHSO_4$ প্রয়োজন হইবে? (উ: 36 গ্রাম)

৮। সোডিয়াম-কার্বনেট ও পটাসিয়াম-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 2.0 গ্রাম প্রশমিত করিতে 30 ঘনসেন্টিমিটার N $H_2SO_4$ প্রয়োজন হইল। মিশ্রণটিতে শতকরা কত ভাগ পটাসিয়াম কার্বনেট ছিল? (উ: $Na_2CO_3$, 0.232 গ্রাম; $K_2CO_3$, 1.768 গ্রাম।)

৯। 10 ঘনসেন্টিমিটার $H_2SO_4$ (ঘনত্ব, 1.83) লইয়া জল মিশাইয়া 1 লিটার করা হইল। এই দ্রবণের 20 ঘনসেন্টিমিটার প্রশমিত করিতে 35 ঘনসেন্টিমিটার 0.2N NaOH প্রয়োজন হইল। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডটিতে শতকরা কত ভাগ $H_2SO_4$ ছিল? (উ: 93.72%)

১০। 10 গ্রাম NaOH (95%) লইয়া 200 ঘনসেন্টিমিটার জলে দ্রবীভূত করা হইল। উহার সহিত 50 ঘনসেন্টিমিটার 1.5N HCl মিশ্রিত করা হইল। অতঃপর জল মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন 500 ঘনসেন্টিমিটার করা হইল। এই দ্রবণটির ক্ষার অথবা অম্লমাত্রা বাহির কর। (উ: 0.325N) (কলিকাতা, 1938)

১১। সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের 2 গ্রাম 50 ঘনসেন্টিমিটার N NaOH সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। অতঃপর অতিরিক্ত ক্ষারটুকু 20 ঘনসেন্টিমিটার N $H_2SO_4$ দ্বারা প্রশমিত করা হইল। মিশ্রণটিতে $NH_4Cl$ শতকরা কত ভাগ ছিল? (উ: 80.25% $NH_4Cl$)
(বোম্বাই, 1917)

১২। 10 ঘনসেন্টিমিটার একটি ক্ষার-দ্রবণ 17 ঘনসেন্টিমিটার একটি $H_2SO_4$ দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার, 25 ঘনসেন্টিমিটার উক্ত ক্ষার-দ্রবণ 35 ঘনসেন্টি-মিটার একটি HCl দ্রবণ প্রশমিত করে। অম্লদ্রবণ দুইটির শক্তির তুলনা কর।
(উ: 1,1.21)

১৩। 125 ঘনসেন্টি, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ ফেরাস সাল-ফাইড দিয়া প্রমাণ অবস্থায় 560 ঘনসেন্টি, $H_2S$ পাওয়া গেল। অ্যাসিডের অম্ল-মাত্রা কি ছিল? (উ: 0.4N) (কলিকাতা)

১৪। একটি ধাতুর 0.21 গ্রাম 100 ঘনসেন্টি, 0.5N $H_2SO_4$এ দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করিতে প্রমাণ মাত্রার 32.5 ঘনসেন্টি, ক্ষার প্রয়োজন হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত? (উঃ তুল্যাঙ্ক, 12।)

(৩) **জারণ-ক্রিয়া সম্পর্কিত টাইট্রেশনের গণনা।** পূর্বেই বলা হইয়াছে, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ দ্বারা নানা বিজারক বস্তুর দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করা যায়। এই বিক্রিয়াগুলি সাধারণভাবে টাইট্রেশন দ্বারাই সম্পন্ন করা হয়। সমাপ্তি-ক্ষণ প্রধানতঃ রংয়ের পরিবর্তন বা নির্দেশক ব্যবহার করিয়া জানা যায়। যথা, ফেরাস সালফেট দ্রবণকে $KMnO_4$-এর কোন প্রমাণ-দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করিয়া উহার পরিমাণ জানা সম্ভব।

এই সকল জারক-বস্তুর তুল্যাঙ্ক উহাদের অক্সিজেন-উৎপাদন ক্ষমতার উপর নির্ভর করে। প্রতিটি $KMnO_4$ অণু হইতে 5/2 অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া যায়। অতএব, $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্ক = (আণবিক গুরুত্ব)/5 = 158/5 = 31.6

1 লিটার 1(N) তুল্য-দ্রবণ $KMnO_4$ = 31.6 gms $KMnO_4$

সেইরূপ, প্রতিটি $K_2Cr_2O_7$ হইতে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া যায়।

$\therefore$ $K_2Cr_2O_7$-এর তুল্যাঙ্ক = আঃ গুরুত্ব/6 = 294/6 = 49

ফেরাস সালফেট যখন জারিত হয়, উহার জারণস্তর 'এক' উন্নত হয়।

$\therefore$ $FeSO_4$ = আঃ গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক = 56 গ্রাম Fe।

$\therefore$ 31.6 গ্রাম $KMnO_4$ = 49 গ্রাম $K_2Cr_2O_7$ = 56 গ্রাম Fe

এইভাবে, জারণক্রিয়াতে পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

**উদাহরণ (১)** 25 c.c. একটি ফেরাস সালফেট দ্রবণকে টাইট্রেশন করিতে 0.1035(N) $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের 23.25 c.c. প্রয়োজন হইল। ফেরাস-সালফেট দ্রবণটির প্রতি লিটারে কত গ্রাম আয়রণ আছে?

25 c.c. $FeSO_4$ দ্রবণ = 23.25 c.c. 0.1035(N) $K_2Cr_2O_7$

$\therefore$ $FeSO_4$ দ্রবণের শক্তির মাত্রা, $x = \frac{23.25}{25} \times 0.1035(N) = 0.96N$

$\therefore$ 1 লিটার 0.96N $FeSO_4$ দ্রবণ = 0.96 × 56 গ্রাম আয়রণ
= 5.4 গ্রাম আয়রণ।

(২) 1.1866 গ্রাম পাইরোলুসাইট খনিজ লইয়া একটি খর্পরে 75 c.c. ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণসহ ফুটান হইল।

ঐ ফেরাস সালফেট দ্রবণের 25 c.c.-কে জারিত করিতে 0.506(N) $KMnO_4$ দ্রবণের 22.5 c.c. প্রয়োজন হয়। ফুটাইবার পর, অতিরিক্ত ফেরাস সালফেটকে জারিত করিতে এই $KMnO_4$ দ্রবণের 30 c.c. প্রয়োজন হইল। খনিজটি হইতে শতকরা কত ভাগ অক্সিজেন পাওয়া যাইবে?

75 c.c. উক্ত $FeSO_4$ দ্রবণ = 3 × 22.5 (= 67.5) c.c. 0.506N $KMnO_4$

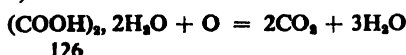
সুতরাং পাইরোলুসাইটের বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত $FeSO_4$ দ্রবণ
= (67.5−30) c.c. $KMnO_4$ দ্রবণ
= 37.5 c.c. $KMnO_4$ দ্রবণ

1 c.c. 1(N) $KMnO_4$ দ্রবণ = 0.008 গ্রাম অক্সিজেন

$\therefore$ 37.5 c.c., 0.506(N) $KMnO_4$ দ্রবণ = 0.008 × 0.506 × 37.5 গ্রাম অক্সিজেন

$$\therefore \text{পাইরোলুসাইটের অক্সিজেনের অনুপাত} = \frac{\cdot 008 \times 0.56 \times 37.5 \times 100}{1\cdot 1866}$$
$$= 12.79\%$$

(৩) একটি আয়রণ-সংকরের 15 গ্রাম লইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। এই দ্রবণের 20 c.c.-কে জারিত করিতে 20 c.c. একটি $KMnO_4$ দ্রবণ প্রয়োজন হইল। আবার, 20 c.c. $KMnO_4$ দ্রবণকে টাইট্রেশন করার জন্য 30 c.c. অক্সালিক অ্যাসিড লাগিল। অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রতি লিটারে, 2.1 গ্রাম $(COOH)_2, 2H_2O$ ছিল। আয়রণ-সংকরটিতে আয়রণের অনুপাত কত ছিল? (Fe = 55.84) (আগ্রা বিশ্বঃ)



$$(COOH)_2, 2H_2O + O = 2CO_2 + 3H_2O$$
126

একটি অক্সালিক অ্যাসিড অণুর জারণে একটি অক্সিজেন পরমাণু প্রয়োজন।

∴ অক্সালিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক $= 126/2 = 63$

ব্যবহৃত অক্সালিক অ্যাসিডের শক্তি $= \frac{2.1}{63}(N) = 0.033(N)$

আবার 20 c.c. $KMnO_4$ দ্রবণ ≡ 30 c.c. 0.033(N) অক্সালিক অ্যাসিড

∴ $KMnO_4$ দ্রবণের শক্তি $= \frac{30}{20} \times \cdot 033(N) = 0.05(N)$

এখন, 20 c.c. $Fe^{++}$ দ্রবণ ≡ 20 c.c. 0.05(N) $KMnO_4$
1 c.c. of 1(N) $KMnO_4$

∴ 1 লিটার $Fe^{++}$ দ্রবণ ≡ 50 c.c. 1(N) $KMnO_4$ ≡ $\frac{50}{1000} \times 55.84$ গ্রাম Fe
= 2.792 গ্রাম Fe

∴ সংকরের ভিতর আয়রণের অনুপাত $= \frac{2.792}{15} \times 100 = 18.6\%$

**আয়োডোমিতি (Iodometry)।** আয়োডিন একটি জারক-বস্তু। সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ আয়োডিনের সংস্পর্শে আসিলেই জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে। এইজন্য সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ দ্বারা আয়োডিন দ্রবণকে টাইট্রেশন করা যায়। স্টার্চ নির্দেশক রূপে ব্যবহার করিয়া সমাপ্তি-ক্ষণ নির্ণয় করা যায়।



$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

∴ 1 $Na_2S_2O_3$ ≡ 1 I ≡ 127 গ্রাম আয়োডিন।

সরাসরি আয়োডিনের পরিমাণ নির্ণয়ে অথবা যে সব পদার্থ আয়োডিন উৎপাদন-সক্ষম উহাদের পরিমাণ নির্ণয় করিতে এই বিক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। যেমন, কপার সালফেট দ্রবণ KI হইতে সহজেই আয়োডিন উৎপাদন করে। এই আয়োডিনকে কোন প্রমাণ থায়োসালফেট দ্রবণ সাহায্যে টাইট্রেশন করিলে আয়োডিনের পরিমাণ তথা কপারের পরিমাণ জানা যায়।

**উদাহরণ** (৪) কিছু $KMnO_4$-কে গাঢ় HCl-এর সঙ্গে ফুটান হইল এবং উৎপন্ন গ্যাস-কে একটি KI-দ্রবণে পরিচালিত করা হইল। বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইলে যে আয়োডিন উপজাত হইল উহাকে একটি সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্বারা টাইট্রেশন করিতে মোট 60 c.c. থায়োসালফেট দ্রবণ প্রয়োজন হইল। থায়োসালফেট দ্রবণের প্রতি লিটারে 62 গ্রাম $Na_2S_2O_3, 5H_2O$ ছিল। $KMnO_4$-এর পরিমাণ কি ছিল?

[কলিকাতা বিশ্বঃ 1940]

$Na_2S_2O_3, 5H_2O$-এর আঃ গুরুত্ব $= 248$

যেহেতু $Na_2S_2O_3 \equiv I$, সুতরাং $Na_2S_2O_3, 5H_2O$এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 248$ গ্রাম।

অতএব, ব্যবহৃত থায়োসালফেট দ্রবণের মাত্রা $= \frac{62}{248}(N) = 0.25(N)$।

টাইট্রেশনে মোট 60 c.c. থায়োসালফেট লাগিয়াছে,

$$60 \text{ c.c. } 0.25(N)\ Na_2S_2O_3 = 60 \times 0.25\ (= 15 \text{ c.c.})\ (1N)\ Na_2S_2O_3$$

আবার 15 c.c. (IN) $Na_2S_2O_3$ $\equiv$ 15 c.c. (1N) $KMnO_4$ দ্রবণ

$$= \frac{15}{1000} \times 31.6 \text{ গ্রাম } KMnO_4$$

$$= 0.474 \text{ গ্রাম } KMnO_4$$

$\because$ $KMnO_4$-এর তুল্যাঙ্ক, 31.6

(৫) একটি কপার সংকরের 5 গ্রাম লইয়া এক লিটার লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করা হইল। ঐ দ্রবণের 20 c.c.তে অতিরিক্ত KI দিয়া যে আয়োডিন উৎপন্ন হইল তাহাকে টাইট্রেশন করিতে 20 c.c. হাইপো-দ্রবণ ($Na_2S_2O_3$) প্রয়োজন হইল।

আবার 20 c.c. একটি $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে অতিরিক্ত KI মিশাইয়া উৎপন্ন আয়োডিনকে টাইট্রেশন করিতে 30 c.c. ঐ হাইপো-দ্রবণ লাগে। $K_2Cr_2O_7$-এর 1 লিটারে 2.4 গ্রাম ডাইক্রোমেট আছে। সংকরে কত পরিমাণ কপার আছে? [আগ্রা বিশ্ব: 1952]

$K_2Cr_2O_7$-এর তুল্যাঙ্ক $= 294/6 = 49$

$\therefore$ উক্ত $K_2Cr_2O_7$-এর মাত্রা $= \frac{2.4}{49}(N) = 0.049(N)$

30 c.c. হাইপো-দ্রবণ $\equiv$ 20 c.c. 0.049(N) $K_2Cr_2O_7$

$\therefore$ হাইপো-দ্রবণের মাত্রা $= \frac{20}{30} \times 0.049(N) = 0.0327(N)$

20 c.c. কপার-দ্রবণ $\equiv$ 20 c.c., 0.0327(N) হাইপো-দ্রবণ

1000 c.c. কপার-দ্রবণ $\equiv$ 1000 c.c., 0.0327(N) হাইপো-দ্রবণ

$= 32.7$ c.c. 1(N) হাইপো-দ্রবণ

$\equiv \frac{32.7}{1000} \times 127$ গ্রাম আয়োডিন



$$2CuSO_4 + 4KI = Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$$

$\therefore$ 63.5 গ্রাম কপার $\equiv$ 127 গ্রাম আয়োডিন

অতএব, দ্রবণে কপারের পরিমাণ $\frac{32.7}{1000} \times 63.5 \times \frac{100}{5} = 41.53\%$

(৬) অর্ধ গ্রাম একটি পাইরোলুসাইট খানিকটা সোদক অক্সালিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার পর, অতিরিক্ত অক্সালিক অ্যাসিডকে জারিত করিতে 0.1(N) $KMnO_4$ দ্রবণের 30 c.c. প্রয়োজন হইল। পাইরোলুসাইটে ওজন হিসাবে 86.93% $MnO_2$ ছিল। বিক্রিয়ার জন্য কতখানি অক্সালিক অ্যাসিড লওয়া হইয়াছিল? (কলিকাতা বিশ্ব:, 1956) [উ: 0.819 গ্রাম]

(৭) 0.108(N) $KMnO_4$ দ্রবণের 78.5c.c.-কে বিজারিত করিতে একটি $H_2O_2$-দ্রবণের 5 গ্রাম প্রয়োজন হইল। N/10 ফেরাস সালফেট দ্রবণের 50 c.c. -কে জারিত করিতে ঐ $H_2O_2$ -দ্রবণের কত গ্রাম প্রয়োজন হইবে? [কলিকাতা বিশ্বঃ 1961]
[উঃ 2.95 গ্রাম]

(৮) 0.5 গ্রাম লৌহকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবিত করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া গেল উহাকে $K_2Cr_2O_7$-দ্বারা জারিত করিতে কত আয়তন $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণ লাগিবে? $K_2Cr_2O_7$-দ্রবণের প্রতি লিটারে 4.9 গ্রাম ঐ ডাইক্রোমেট আছে। [আগ্রা বিশ্বঃ]
[উঃ 89.3 c.c.]

(৯) 0.6775 গ্রাম পাইরোলুসাইট (N/2) অক্সালিক অ্যাসিডের 50 c.c.-তে দিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড সহ ফুটান হইল। দ্রবণের আয়তন হইল 200 c.c.। এই দ্রবণের 20 c.c.-কে টাইট্রেশন করিতে 31.6 c.c. $KMnO_4$-দ্রবণ প্রয়োজন হইল। $KMnO_4$ দ্রবণের প্রতি লিটারে এক গ্রাম $KMnO_4$ ছিল। পাইরোলুসাইট খনিজে মালিন্যের অনুপাত কি ছিল? (আগ্রা বিশ্বঃ) [উঃ 3.7%]

(১০) 25 গ্রাম কপার সালফেট জলে দ্রবিত করিয়া এক লিটার দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল। 25 c.c. 0.11(N) আয়োডিনের দ্রবণকে প্রশমিত করিতে একটি থায়োসালফেট দ্রবণের 27.15 c.c. প্রয়োজন হয়। উপরোক্ত কপার সালফেট দ্রবণের 25 c.c. দ্বারা KI হইতে যে আয়োডিন নির্গত হয় উহাকে বিজারিত করিতে ঐ থায়োসালফেটের 24.7 c.c. দরকার হইল। ব্যবহৃত কপার সালফেটে শতকরা কতভাগ কপার ছিল বাহির কর। [উঃ Cu = 25.45%]

(১১) কিছু অক্সালিক অ্যাসিড লইয়া বিভাজিত করিলে যে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হইল, উহার সঙ্গে আয়োডিন পেন্টোক্সাইডের নিম্নলিখিত বিক্রিয়া হইল: $I_2O_5 + 5CO = I_2 + 5CO_2$

উৎপন্ন আয়োডিনকে বিজারিত করিতে 0.1066(N) সোডিয়াম থায়োসালফেটের 33.6 c.c. প্রয়োজন হইল। কতখানি সোদক অক্সালিক অ্যাসিড লওয়া হইয়াছিল?
[উঃ 1.027 গ্রাম] (কলিকাতা বিশ্বঃ 1960)

(১২) 0.24 গ্রাম একটি $KMnO_4$ এবং $K_2CrO_4$-এর মিশ্রণ অতিরিক্ত KI-দ্রবণ হইতে যে আয়োডিন উৎপাদন করিল উহাকে বিজারিত করিতে 0.1(N) $Na_2S_2O_3$ দ্রবণের 60 c.c. প্রয়োজন হইল। ঐ মিশ্রণে Mn এবং Cr-এর অনুপাত কি ছিল বাহির কর। [উঃ Cr11.06%, Mn 20.45%] (কলিকাতা বিশ্বঃ 1955)

**(চ) আয়নীয়-সাম্য সংক্রান্ত গণনা।**

**দ্রবণের pH:** $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করার জন্য pH ব্যবহৃত হয়। $pH = -\log C_{H^+}$। হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব দ্রবণের প্রতি লিটারে গ্রাম আয়নের পরিমাণ দ্বারা নির্ণীত হয়।

**উদাহরণ (১)।** প্রতি লিটার সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে যদি 0.014 গ্রাম $H_2SO_4$ থাকে, তাহা হইলে দ্রবণটির pH কত হইবে? অ্যাসিডের আয়নীয় বিয়োজন সম্পূর্ণ মনে করিতে হইবে।

$$\text{অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব} = \frac{0.014}{98} \text{ গ্রাম-অণু/লিটার}$$

যেহেতু, $H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{--}$, অতএব $C_{H^+} = 2 \times 0.014/98$

$$pH = -\log(2 \times .014/98) = \log 98 - \log .028 = 3.54$$

**উদাহরণ (২)।** একটি দ্রবণের pH যদি 4.6 হয়, তাহা হইলে দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব কি ?

$$pH = -\log C_{H^+}; \quad 4.6 = -\log C_{H^+}$$

$$\log C_{H^+} = -4.6 = \bar{5}.4; \quad C_{H^+} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ গ্রাম-আয়ন / লিটার}$$

**উদাহরণ (৩)** একটি ক্ষীণ-অ্যাসিডের (HA) বিয়োজন-ধ্রুবক ($K_a$) $1.8 \times 10^{-5}$ উহার 0.1 M দ্রবণের pH কত হইবে ?



$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \qquad \alpha = \text{বিয়োজন-মাত্রা}$$
$$(1-\alpha)c \quad \alpha c \quad \alpha c$$

$$\therefore \quad K_a = \frac{(\alpha c)^2}{(1-\alpha)c} = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \approx \alpha^2 c$$

$$\text{অর্থাৎ,} \quad \alpha = \sqrt{K_a/c}$$

$$\therefore \quad C_{H^+} = \alpha C = \sqrt{K_a C} = \sqrt{1.8 \times 10^{-5} \times 10^{-1}} = 10^{-3}\sqrt{1.8}$$

$$\therefore \quad pH = -\log C_{H^+} = -\log(10^{-3} \times 1.8^{\frac{1}{2}}) = 3 - 8\tfrac{1}{2} \log 1.8 = 2.87$$

**উদাহরণ (৪)।** একটি মিশ্র দ্রবণে (N/10) অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং (N/10) সোডিয়াম অ্যাসিটেট আছে। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বিয়োজন-ধ্রুবক ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$). (25°C)। মিশ্র-দ্রবণটির pH বাহির কর।

$pK_a = -\log K_a$, অতএব অ্যাসিটিক অ্যাসিডের $pK_a = -\log(1.8 \times 10^{-5})$ $= 4.74$। হেণ্ডারসন সমীকরণ অনুসারে,

$$pH = pK_a + \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{অ্যাসিড}}} = 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1} = 4.74$$

**উদাহরণ (৫)।** 25 c.c. (N/10) সোডিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ এবং 100 c.c. (N/10) অ্যাসিটিক অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণের pH কত হইবে ? $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

$$K_a = 1.8 \times 10^{-5}; \quad pK_a = 4.74$$

$$\therefore \quad pH = pK_a + \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{অ্যাসিড}}} = pK_a + \log \frac{25}{100} = 4.74 + \log 0.25 = 4.14$$

**উদাহরণ (৬)।** M/10 সোডিয়াম অ্যাসিটেট-এবং (M/10) অ্যাসিটিক অ্যাসিড গাঢ়ত্বের একটি বাফার দ্রবণের pH কত ? উক্ত বাফারের এক লিটারে যদি (10 N) HCl-অ্যাসিডের এক সিসি মিশান হয় তবে pH কত হইবে ? $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম্পূর্ণ বিয়োজিত ধরিতে হইবে।

বাফারের pH হইবে,

$$pH = pK_a + \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{অ্যাসিড}}} = 4.74 + \log \frac{0.1}{0.1} = 4.74$$

HCl-এর 1 c.c. মিশাইলে দ্রবণে HCl-এর গাঢ়ত্ব হইবে, 10/1000 = 0.01

অর্থাৎ, $C_{H^+} = 0.01$; এই হাইড্রোজেন আয়ন অ্যাসিটেট আয়নের সঙ্গে যুক্ত হইয়া HAc উৎপন্ন হইবে।

সুতরাং,
$$C_{AC^-} = 0.1 - 0.01 = 0.09$$
$$C_{HAC} = 0.1 + 0.01 = 0.11$$

$$\therefore \quad pH = pK_a + \log \frac{C_{\text{লবণ}}}{C_{\text{অ্যাসিড}}} = 4.74 + \log \frac{0.09}{0.11} = 4.65$$

প্রাব্যতা গুণফল। উদাহরণ (৭)। সিলভার কার্বনেটের, ($Ag_2CO_3$) প্রাব্যতা $1 \times 10^{-4}$ গ্রাম-অণু/লিটার। উহার প্রাব্যতাগুণফল কত? 0.1M সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে উহার প্রাব্যতা কত হইবে? উভয় লবণই দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত।



প্রাব্যতা, $S = 1 \times 10^{-4}$. $\quad Ag_2CO_3 = 2Ag^+ + CO_3^{--}$

$$\therefore\ C_{Ag^+} = 2 \times 10^{-4},\ C_{CO_3^{--}} = 1 \times 10^{-4}$$

$\therefore$ প্রাব্যতা-গুণফল, $L = C^2_{Ag^+} \times C_{CO_3^{--}} = (2\times10^{-4})^2 \times (1\times10^{-4})$

$$= 4 \times 10^{-12}$$

মনে কর, 0.1 (M) $Na_2CO_3$ দ্রবণে সিলভার কার্বনেটের প্রাব্যতা, s′

$$\therefore\ C_{Ag^+} = 2s',\ C_{CO_3^{--}} = (s' + 0.1)$$

$$\therefore\ L = C^2_{Ag^+} \times C_{CO_3^{--}} = (2s')^2(s' + 0.1) \approx 4s'^2 \times 0.1$$

$\therefore\ 4 \times 10^{-12} = 4s'^2 \times 0.1$, অথবা $s' = 3.16 \times 10^{-6}$ গ্রাম-অণু/লিটার।

উদাহরণ (৮)। জলে $H_2S$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের গাঢ়ত্ব, 0.1M। উহার বিয়োজনের, ($H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{--}$,) বিয়োজন-ধ্রুবক, $1.1 \times 10^{-22}$। লেড সালফাইডের প্রাব্যতা-গুণফল, $L = 4 \times 10^{-28}$।

যদি 0.1M HCl-দ্রবণে একটি লেড-লবণ লইয়া $H_2S$ -গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়, তাহা হইলে দ্রবণে কি পরিমাণ লেড থাকিয়া যাইবে?

$$K_{H_2S} = \frac{C^2_{H^+} \times C_{S^{--}}}{C_{H_2S}}\ ;\ \text{অর্থাৎ}\ C^2_{H^+} \times C_{S^{--}} = K_{H_2S} \times C_{H_2S}$$

$$= 1.1 \times 10^{-22} \times 0.1 = 1.1 \times 10^{-23}$$

0.1M HCl- দ্রবণে গ্যাস পরিচালিত করিলে $C_{H^+} = 0.1$

কারণ, $H_2S$ হইতে যে $H^+$ আয়ন আসিবে, তাহা নগন্য।

$$\text{অতএব}\ C_{S^{--}} = \frac{1.1 \times 10^{-23}}{(0.1)^2} = 1.1 \times 10^{-21}$$

$$C_{Pb^{++}}.C_{S^{--}} = L_{PbS} = 4 \times 10^{-28}$$

$$\therefore\ C_{Pb^{++}} = (4 \times 10^{-28})/C_{S^{--}} = (4 \times 10^{-28})/(1.1 \times 10^{-21})$$

$$= 3.6 \times 10^{-7}\ \text{গ্রাম-আয়ন/লিটার}$$

(৯) দুই লিটার 1(N) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে এক গ্রাম $NH_4Cl$ মিশাইলে দ্রবণটির pH কি হইবে? $K_{NH_4OH} = 1.75 \times 10^{-5}$ এবং $NH_4Cl$ ঐ দ্রবণে শতকরা 70% বিয়োজিত থাকে। [উঃ pH = 9.7 ]

(১০) সমায়তনের (N/10) কস্টিকসোডা এবং (N/20) HCl-দ্রবণ মিশাইলে দ্রবণের pH কি হইবে? [উঃ pH = 12.4 ]

(১১) 286.5 c.c. (N/10) অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং 13.5 c.c. (N/10) সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশাইয়া যে দ্রবণ পাওয়া যায়, তাহার pH কি হইবে? ($K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ [উঃ pH = 6.07 ]

(১২) একটি মিশ্রদ্রবণে 0.01M বেনজয়িক অ্যাসিড এবং 0.03M সোডিয়াম বেনজয়েট থাকিলে, দ্রবণে $H^+$-আয়নের গাঢ়ত্ব এবং pH কি হইবে? $K_a = 6.6 \times 10^{-5}$) [উঃ $C_{H^+} = 2.2 \times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার।]

(১৩) 100 c.c. একটি মিশ্রদ্রবণে M/5 সোডিয়াম অ্যাসিটেট এবং M/5 অ্যাসেটিক অ্যাসিড আছে। উহাতে 0.001 গ্রাম-অণু কস্টিক সোডা মিশাইলে দ্রবণটির pH কত হইবে? $pK_a = 4.74$ [ উঃ pH = 4.76 ]

(১৪) 100 c.c. 0.1N $CH_3COOH$-কে 0.1N NaOH-দ্বারা টাইট্রেশন করা হইতেছে। (ক) 0 c.c. (খ) 50 c.c. (গ) 90 c.c. (ঘ) 99.9 c.c. (ঙ) 100.1 c.c. পরিমাণ কস্টিক সোডা যোগ করার পর দ্রবণটির pH কখন কত হইবে? $pK_{HAC} = 4.74$. [ উঃ (ক) 2.87, (ঘ) 7.74, (ঙ) 9.7 ]

(১৫) একটি মিশ্রদ্রবণে বেনজয়িক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব 0.05M এবং সোডিয়াম বেনজয়েটের গাঢ়ত্ব 0.1M। দ্রবণটির pH = 5.50

বেনজয়িক অ্যাসিডের বিয়োজন ধ্রুবক ($K_a$) নির্ণয় কর।

[উঃ $K_a = 1.99 \times 10^{-5}$]

(১৬) অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং সোডিয়াম অ্যাসিটেট দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া pH = 4.00 মূল্যের একটি বাফার তৈয়ারী করার জন্য প্রতি লিটারে 0.164 গ্রাম-অণু অ্যাসেটিক অ্যাসিড লওয়া হইল। উহার সঙ্গে কি পরিমাণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট মিশাইতে হইবে? ($K_a = 1.85 \times 10^{-5}$) [ উঃ 0.03 গ্রাম-অণু/লিটার ]

(১৭) 25°C উষ্ণতায় $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $9.16 \times 10^{-11}$। 0.01M অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণে $BaSO_4$—এর দ্রাব্যতা কি হইবে?

( উঃ $9.16 \times 10^{-9}$ গ্রাম-আয়ন / লিটার )

(১৮) লেড আয়োডাইডের দ্রাব্যতা-গুণফল $17.644 \times 10^{-6}$ (20°C)। একটি সদ্য-অধঃক্ষিপ্ত লেড-আয়োডাইডকে দুইবার 100 c.c. করিয়া বিশুদ্ধ জলদ্বারা ধৌত করা হইল। অধঃক্ষেপের কতটা ওজন হ্রাস পাইবে? ( উঃ .1512 গ্রাম )

(১৯) 0.2M লেডনাইট্রেট দ্রবণ লইয়া উহাতে উহার সমায়তন পরিমাণ 0.02M HCl মিশান হয় তবে কত লেড ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া যাইবে?

$L_{PbCl_2} = 2.4 \times 10^{-4}$

(২০) $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{--}$, এই বিক্রিয়ার $K = 1.1 \times 10^{-23}$। সম্পৃক্ত দ্রবণে $H_2S$-এর গাঢ়ত্ব, 0.1M.। 0.1N HCl অ্যাসিডে $Cd(NO_3)_2$ দ্রবণে অতিরিক্ত $H_2S$-গ্যাস পরিচালিত করিলে, দ্রবণে Cd-এর গাঢ়ত্ব কত থাকিবে? $L_{CdS} = 4 \times 10^{-29}$

[ উঃ $3.6 \times 10^{-8}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার ]

# বর্ণানুক্রমিক সূচী